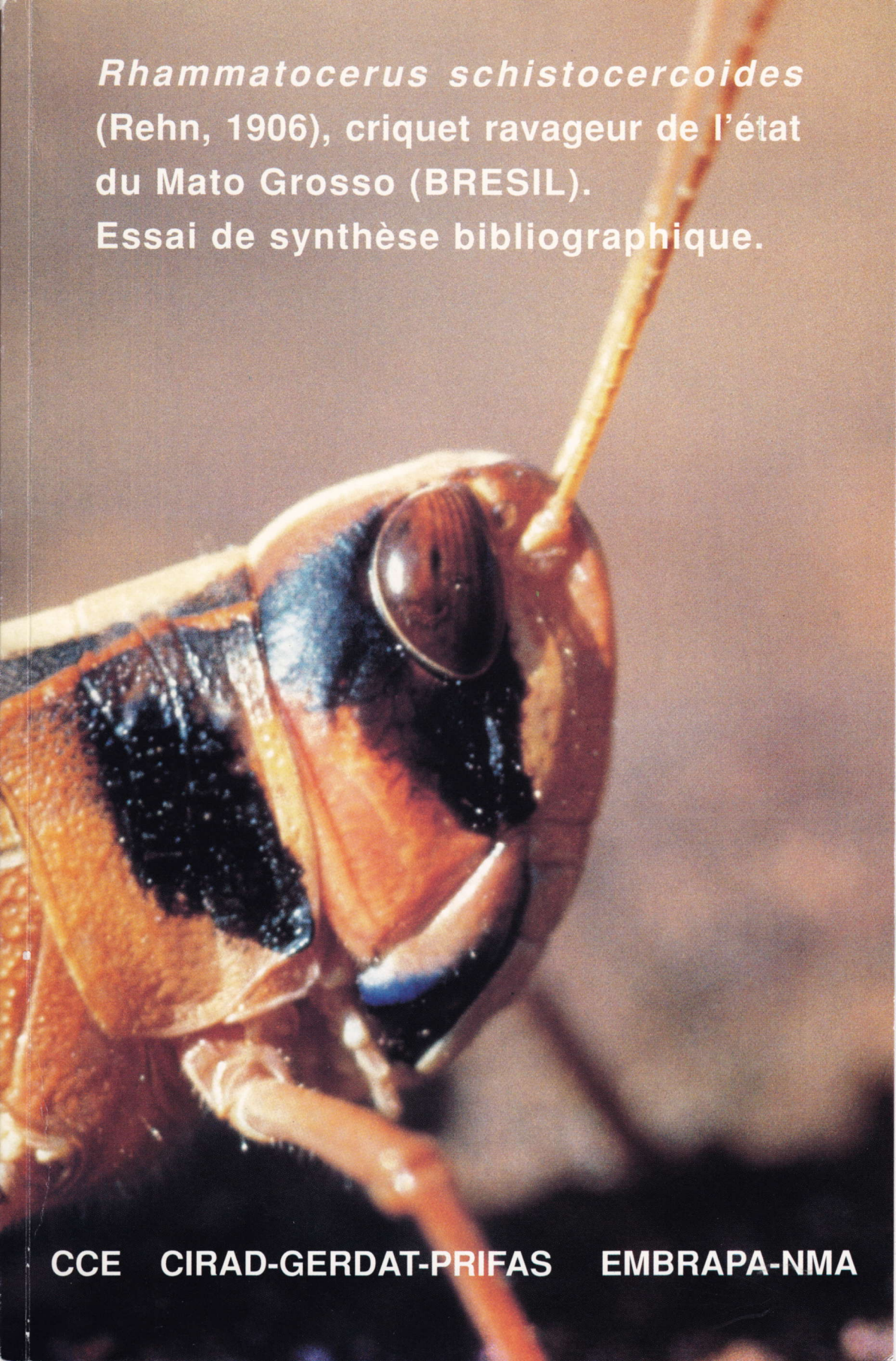


Rhammatocerus schistocercoides
(Rehn, 1906), criquet ravageur de l'état
du Mato Grosso (BRESIL).
Essai de synthèse bibliographique.



Rhammatocerus schistocercoides
(Rehn, 1906), criquet ravageur de l'état
du Mato Grosso (BRESIL).

Essai de synthèse bibliographique.

par

Michel LECOQ*

Ivó PIEROZZI Jr.**

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CCE	Commission des Communautés Européennes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPAER	Empresa Agropecuária de Extensão Rural
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FUNAI	Fundação nacional do Índio
IBAMA	Institut Brésilien de l'Environnement et des Ressources naturelles renouvelables
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NMA	Núcleo de Monitoramento Ambiental e Recursos naturais por Satélite
NRI	National Resources Institute
PRIFAS	Acridologie opérationnelle - Ecoforce® internationale

* *
*
.

Référence de l'ouvrage :

LECOQ M. & PIEROZZI Jr. I., 1994

Rhammatocerus schistocercoides (Rehn, 1906), criquet ravageur de l'état du Mato Grosso (BRÉSIL). Essai de synthèse bibliographique. CCE : Bruxelles / CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier / EMBRAPA-NMA : Campinas. — X + 89 pages dont 2 photos hors-texte.

Mots clés : Acridologie, Brésil, *Rhammatocerus*, environnement, synthèse bibliographique.

Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction par tous procédés y compris la photographie et le microfilm réservés pour tous pays.

© CIRAD-GERDAT-PRIFAS, 1994

ISBN : 2-87614-150-7

RESUME

Au Brésil, les états du Mato Grosso et du Rondônia connaissent, depuis 1984, des pullulations importantes d'une espèce acridienne jusque là considérée comme inoffensive : *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906). De nombreuses hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène, celles revenant le plus fréquemment incriminent le déboisement intensif - qui aurait créé de nouveaux biotopes favorables - et l'apparition d'un déséquilibre écologique (conséquence du déboisement) - qui aurait provoqué une réduction importante des ennemis naturels des criquets et favorisé ainsi leurs pullulations.

En réalité, aucune des hypothèses précédentes n'est argumentée scientifiquement et les connaissances fiables sur ce criquet et sur le déterminisme de ses pullulations sont actuellement très limitées. Ce texte préliminaire essaie de faire une synthèse critique des différents documents actuellement disponibles. Il est enrichi d'observations et de commentaires personnels. Il constitue l'ébauche d'une future monographie consacrée à *Rhammatocerus schistocercoides* (actuellement en préparation dans le cadre d'un projet de recherche financé par la CCE) et une plate-forme de travail où des hypothèses de recherche pourront être puisées.

Les sujets suivants sont abordés : historique des pullulations de criquets au Brésil, systématique et identification de *Rhammatocerus schistocercoides*, aire de distribution, morphologie et pigmentation, possibilité d'existence d'un phénomène de polymorphisme phasaire, biologie, écologie et déterminisme des pullulations, importance économique, stratégies et méthodes de lutte, recherches en cours et à entreprendre. Le document est complété par une bibliographie commentée, présentée par ordre chronologique, permettant ainsi de suivre l'évolution du problème depuis son apparition jusqu'à la période actuelle.

SUMMARY

Since 1984, Mato Grosso and Rondonia states in Brazil have experienced considerable outbreaks of *Rhammatocerus shistocercoides* (Rehn, 1906), a locust species that was previously considered harmless. Several hypotheses have been proposed to explain this phenomenon, but intensive deforestation is commonly blamed. It is suggested that deforestation creates suitable biotopes for these locusts and upsets the balance of the ecosystem, which in turn causes a marked reduction in their natural enemies and thus promotes outbreaks.

There is actually no scientific evidence to confirm any of these previous hypotheses and little reliable data is available on the locust and conditions that determine its outbreaks. This is a preliminary critical synthesis of different documents that have been published to date and is enhanced with personal comments and observations. It gives an outline for a future monograph on *Rhammatocerus shistocercoides* (presently being prepared as part of a research project funded by the CEC) and forms a working base to be used as reference for research hypotheses.

The following topics are covered: the history of locust outbreaks in Brazil, taxonomy and characterization of *Rhammatocerus shistocercoides*, range, morphology and pigmentation, possible phase polymorphism, biology, ecology and outbreak determining factors, economic impact, control strategies and techniques, future and ongoing research. This document is supplemented with a commented bibliography presented in chronological order to provide an overview of the problem from its first appearance to present.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES SIGLES	II
RESUME	III
SUMMARY	IV
TABLE DES MATIERES	V
INTRODUCTION	1
1. HISTORIQUE DES PULLULATIONS DE CRIQUETS AU BRESIL	1
2. SYSTEMATIQUE ET IDENTIFICATION DE <i>RHAMMATOCERUS SCHISTOCERCOIDES</i>	4
2.1. Historique de l'identification de l'espèce responsable des dégâts au niveau du Mato Grosso et du Rondônia	4
2.2. Le genre <i>Rhammatocerus</i>	5
2.3. L'espèce <i>Rhammatocerus schistocercoides</i>	5
2.4. Les noms vernaculaires	6
3. AIRE DE DISTRIBUTION DE <i>RHAMMATOCERUS SCHISTOCERCOIDES</i>	6
3.1. Signalisations	6
3.2. Carte de distribution	7
4. MORPHOLOGIE ET PIGMENTATION	8
4.1. Description de CARBONELL (1988a)	8
4.2. Description de LAUNOIS (1984)	10
4.3. Description de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)	10
4.4. Description de COSENZA, CURTI et PARO (1990)	10
4.5. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)	11
4.6. Conclusions	11

5. GREGARISATION ET POLYMORPHISME PHASAIRE	12
5.1. Rappel sur le polymorphisme phasaire	12
5.2. Les formations grégaires de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i>	13
5.2.1. Observations de COSENZA, CURTI et PARO (1990)	13
5.2.2. Observations de LAUNOIS (1984)	14
5.2.3. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)	14
5.2.4. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)	15
5.2.5. Conclusions	15
5.3. Questions liées à la migration des essaims	15
5.3.1. Les migrations ne concernent-elles que les populations en forte densité ?	15
5.3.2. Qu'elle est l'ampleur réelle des déplacements et existe-t-il une direction privilégiée ?	16
5.4. La possibilité d'un polymorphisme phasaire chez <i>Rhammatocerus schistocercoides</i>	18
5.4.1. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)	18
5.4.2. Observations de COSENZA, CURTI et PARO (1990)	19
5.4.3. Discussion et conclusions	20
6. BIOLOGIE	21
6.1. Le cycle biologique	21
6.1.1. Observations de LAUNOIS (1984)	21
6.1.2. Observations de COSENZA (1987), CURTI et BRITTO (1987) et COSENZA, CURTI et PARO (1990)	21
6.1.3. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)	22
6.1.4. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)	22
6.1.5. Conclusions sur le cycle biologique	24
6.2. Le régime alimentaire	25
6.3. Le fonctionnement ovarien	26
6.4. Les ennemis naturels	26
7. ECOLOGIE	27
7.1. Tempérament écologique des espèces du genre <i>Rhammatocerus</i> en général	27
7.2. Le tempérament écologique de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i>	27
7.2.1. Les conditions écologiques au sein de l'aire d'habitat de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> au Brésil	27
7.2.1.1. Géomorphologie et sols	27
7.2.1.2. Végétation	29
7.2.1.3. Conditions météorologiques et climatiques	29
7.2.2. Les biotopes de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i>	36

8. IMPORTANCE ECONOMIQUE	37
8.1. Origine des pullulations	37
8.2. Historique des pullulations	38
8.3. Dégâts aux cultures et plantes attaquées	41
8.4. Causes des pullulations	44
8.4.1. Les facteurs climatiques	45
8.4.2. Les facteurs anthropiques	46
8.4.2.1. Le déboisement et la création de nouvelles zones propices à la reproduction	46
8.4.2.2. Le déséquilibre écologique et l'élimination des ennemis naturels	48
9. STRATEGIES ET METHODES DE LUTTE	50
9.1. Rapide historique de la situation au Mato Grosso	50
9.2. L'organisation de la surveillance et de la lutte	51
9.3. Les insecticides utilisés	55
9.4. La polémique sur les traitements	60
9.4.1. Justification des méthodes de lutte chimique	60
9.4.2. La critique des traitements insecticides	61
9.4.3. La polémique sur les traitements dans les réserves indiennes	63
9.4.4. Conclusions	64
9.5. Vers des méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement	65
9.5.1. Le souci du respect de l'environnement	65
9.5.2. Considérations générales sur la lutte biologique	65
9.5.3. La lutte écologique et la lutte biologique antiacridiennes au Brésil	67
10. LES RECHERCHES EN COURS ET A ENTREPRENDRE	68
10.1. Généralités	68
10.2. Etudes taxonomiques	69
10.3. Etudes biologiques	70
10.4. Etudes éthologiques	70
10.5. Etude du polymorphisme phasaire	71
10.6. Etudes écologiques et déterminisme des pullulations	71
10.7. Etude de l'impact économique des acridiens au Mato Grosso	71
10.8. Etude des possibilités de lutte biologique	72
10.9. Etude de l'impact des traitements antiacridiens sur l'environnement	72
10.10. Etude des possibilités d'utilisation d'inhibiteurs de croissance	72
CONCLUSIONS GENERALES	72
BIBLIOGRAPHIE	75

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Fig. 1.— Aires de distribution des principales espèces de criquets ravageurs au Brésil	3
Fig. 2.— Aire de distribution de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> .	7
Fig. 3.— Diagramme morphométrique d'imagos mâles et femelles de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> issus de populations d'origines différentes (d'après DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988).	19
Fig. 4.— Oothèques de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> .	23
Fig. 5.— Topographie de la région Centre Ouest du Brésil (d'après M. E. SIMIELLI, 1993).	28
Fig. 6.— Les grandes zones de végétation de l'aire de pullulation du <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> (d'après RADAMBRASIL, 1979-1982).	29
Fig. 7.— Durée de la période sèche dans la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).	31
Fig. 8.— Diagramme ombrothermique de Diamantino, au sein de l'aire d'habitat de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> au Mato Grosso (d'après NIMER, 1989).	32
Fig. 9.— Exemple de types de temps sur le Brésil (d'après NIMER, 1989).	33
Fig. 10.— Systèmes de circulation atmosphérique perturbée dans la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).	34
Fig. 11.— Isohyètes annuelles pour la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).	35
Fig. 12.— Déroulement de l'invasion de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> dans l'état du Mato Grosso, entre 1984 et 1986 (d'après anonyme, 1986a).	40
Fig. 13.— Evolution des superficies infestées par <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> dans l'état du Mato Grosso entre 1984 et 1987 (d'après CURTI et BRITTO, 1987).	41
Fig. 14.— Evolution de l'occupation des terres au Mato Grosso entre 1950 et 1985 (d'après IBGE, 1991).	43

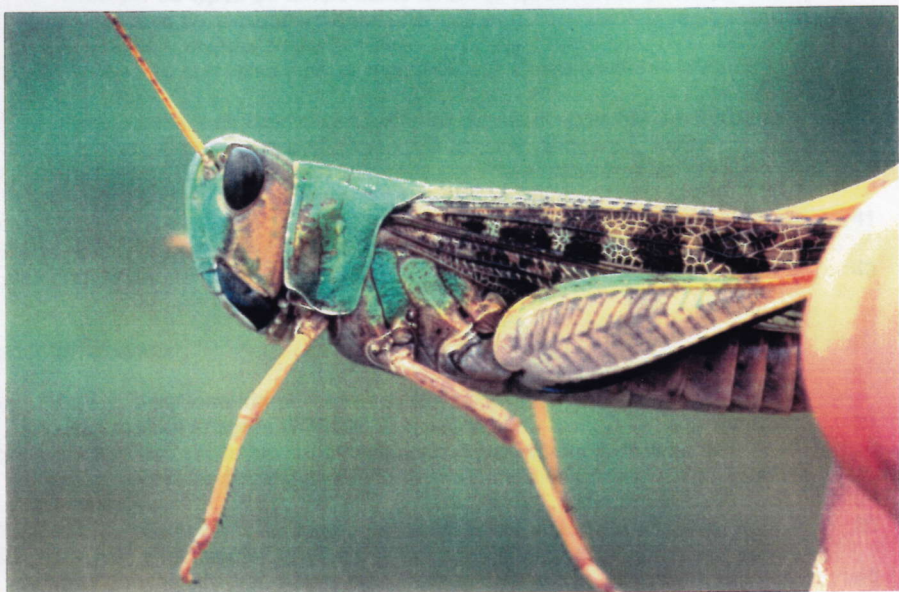
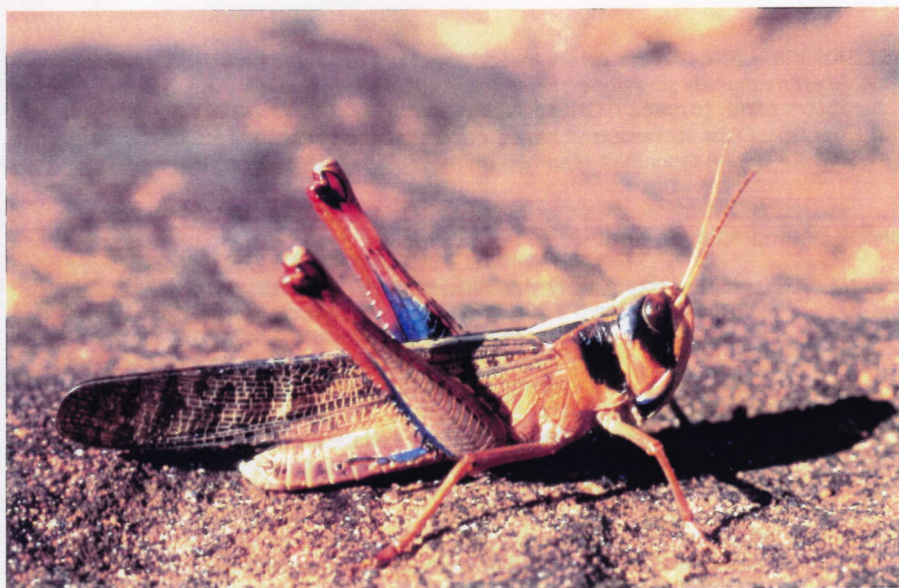
Liste des tableaux

TABLEAU I.— Morphométrie et durées de développement de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> (d'après COSENZA <i>et al.</i> , 1990).	21
TABLEAU II.— Reconstitution schématique du développement larvaire de <i>R. schistocercoides</i> à partir de l'analyse d'échantillons collectés régulièrement sur le terrain.	24
TABLEAU III.— Le cycle biologique de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> .	25
TABLEAU IV.— Phénologie de quelques unes des principales plantes cultivées au Mato Grosso (d'après Anonyme, 1992e).	43
TABLEAU V.— Type d'exploitation des terres agricoles au Mato Grosso en 1980 et 1985 (d'après IBGE, 1991).	44
TABLEAU VI.— Résultats des campagnes de traitements aériens au Mato Grosso de 1984 à 1988 (d'après CURTI et BRITTO, 1987 et divers).	55
TABLEAU VII.— Efficacité de divers insecticides sur les imagos de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> (en pourcentage de criquets morts par mètre carré) (d'après COSENZA <i>et al.</i> , 1990).	56

TABLEAU VIII. — Efficacité de divers insecticides sur des larves de 4° et 5° stades de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> (en pourcentage de criquets morts par mètre carré) (d'après COSENZA <i>et al.</i> , 1990).	57
TABLEAU IX. — Fiche technique résumée du fénitrothion (d'après MacCUAIG, 1983).	57
TABLEAU X. — Fiche technique résumée du malathion (d'après MacCUAIG, 1983).	59

Planche photographique hors-texte

Photo h-t.— Deux formes pigmentaires de *Rhammatocerus schistocercoides* X



Deux formes pigmentaires de *Rhammatocerus schistocercoides*
(clichés M. LECOQ)

INTRODUCTION

Sans être un problème majeur de défense des cultures comme cela est le cas, en particulier, dans de nombreux pays d'Afrique, les acridiens du Brésil représentent, dans de nombreuses zones du territoire, une préoccupation pouvant être considérée pour le moins comme sérieuse. Récemment, l'importance du problème paraît d'ailleurs avoir augmenté.

Régulièrement, des pullulations acridiennes sont signalées en différentes régions du territoire national. Les espèces incriminées sont diverses, les zones de pullulation variables d'une année à l'autre, bien que quelques régions fassent plus régulièrement parler d'elles. Le problème a revêtu une telle importance qu'un plan national de lutte contre les criquets a été mis sur pied il y a quelques années pour lutter contre les pullulations d'acridiens sur tout le territoire du Brésil. Les principales zones touchées sont actuellement situées dans le Rio Grande do Sul, le Nordeste ainsi que dans les états du Mato Grosso et du Rondônia, où la situation paraît actuellement la plus critique.

Dans ces dernières zones, Mato Grosso et Rondônia, nouvellement colonisées et mises en valeur, sont apparues depuis 1984 des pullulations de criquets qui ont apparemment surpris tout le monde. Des dégâts importants ont été causés aux cultures, principalement la canne à sucre, le riz, le maïs et le sorgho. Des traitements insecticides importants ont dû être entrepris par les agriculteurs et par le Ministère de l'agriculture. De nombreuses polémiques ont vu le jour, traitant aussi bien de l'action de l'homme sur l'origine des pullulations que de la manière dont ces pullulations ont été enrayées.

L'espèce incriminée est *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906). Les connaissances sur la bio-écologie de ce criquet et sur le déterminisme de ses pullulations sont actuellement très limitées. Les publications scientifiques sur le sujet sont en nombre restreint. Les informations se rencontrent surtout dans des rapports d'organisations nationales ou internationales, ainsi que dans de nombreux articles de journaux et de revues, sans parler des nombreuses émissions de télévision qui ont été consacrées au sujet et qui contiennent souvent des images très évocatrices sur le comportement grégaire de cette espèce, la formation des bandes larvaires et la dispersion des essaims.

A l'heure où des programmes de recherches se mettent en place (EMBRAPA-NMA/CIRAD-PRIFAS) ou sont prévus, cette étude essaie de dresser une synthèse critique des documents actuellement disponibles. Elle est enrichie d'observations personnelles réalisées, en particulier, lors d'un voyage au Mato Grosso, en octobre/novembre 1992. Elle constitue une ébauche de ce qui pourrait être une monographie consacrée à *Rhammatocerus schistocercoides* et, pour les programmes en cours, une plate-forme de travail où des hypothèses de recherche pourront être puisées.

1. HISTORIQUE DES PULLULATIONS DE CRIQUETS AU BRESIL

Il semble qu'il y ait fréquemment dans de nombreux milieux, en particulier journalistiques, une confusion entre toutes les espèces de criquets ravageurs du Brésil. Les criquets du Nordeste, ceux du Mato Grosso, du Rio Grande do Sul, sont "*mis dans le même sac*", accusés d'être responsables des mêmes maux. Les mêmes facteurs probables de pullulations sont appliqués indifféremment à toutes les espèces, méconnaissant en cela la diversité des acridiens et des conditions écologiques régnant sur le vaste territoire

national brésilien. Cet état de fait nuit incontestablement à la clarté des débats dans l'opinion publique.

En réalité, les espèces acridiennes d'importance économique pour le Brésil sont diverses (Fig. 1). La plus dangereuse, au moins potentiellement, est *Schistocerca cancellata* (SERVILLE, 1838) (*Acrididae*, *Cyrtacanthacridinae*), criquet appartenant à la catégorie des locustes, c'est-à-dire à une catégorie de criquets présentant un phénomène de polymorphisme phasaire se marquant par l'existence de deux phases bien distinctes - l'une solitaire et inoffensive, l'autre grégaire, dévastatrice, capable de former des bandes larvaires et des essaims migrants denses à l'état imaginal. Ces deux phases sont très différentes, morphologiquement parlant, et ont d'ailleurs été décrites originellement sous deux noms d'espèces différents : *S. paranensis* (BURMEISTER, 1861) pour la phase grégaire et *S. cancellata* pour la phase solitaire. L'aire d'habitat de ce criquet, à l'état solitaire, couvre une partie des territoires de l'Argentine, du Paraguay et de l'Uruguay. Les essaims se forment dans une aire grégarigène située dans le nord de l'Argentine. Jusqu'à une époque récente, ils envahissaient périodiquement le territoire brésilien, ravageant surtout les états du sud, mais atteignant parfois le Minas Gerais et Espírito Santo. Ce fut le cas en 1938, 1942, 1946 (SILVA *et al.*, 1968). Depuis, le territoire brésilien n'a plus été attaqué. Il semble que l'espèce soit correctement maintenue sous contrôle par les services de l'agriculture de l'Argentine (HUNTER et COSENZA, 1990).

Une autre espèce de criquet du genre *Schistocerca* sévit régulièrement dans le Nordeste du Brésil. Il s'agit de *Schistocerca pallens* (THUNBERG, 1815), encore appelé le "criquet du Nordeste" (GONÇALVES *et al.*, 1955 ; GONÇALVES, 1956 ; COSENZA et PACHECO, 1985), confondu pendant un certain temps avec l'espèce précédente.

Tout récemment, en octobre 1988, le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775), a été observé sur les côtes du nord du Brésil, venant d'Afrique après une traversée de l'Atlantique de près de 5 000 km. Il ne s'est cependant pas implanté, les conditions écologiques locales ne lui étant pas favorables (BOURRIER, 1988 ; JOHN 1988a, b ; LAMAS, 1988). Une telle traversée de l'Atlantique par des essaims de Criquet pèlerin est tout à fait exceptionnelle et n'avait jusqu'à présent jamais été signalée.

Dichroplus bergii brasiliensis BRUNER, 1906 (*Acrididae*, *Melanoplinae*), *Staurorhectus longicornis* GIGLIO-TOS, 1876 (*Acrididae*, *Gomphocerinae*), *Parascopas obesus* (GIGLIO-TOS, 1894) (*Acrididae*, *Melanoplinae*) et *Xyleus discoideus* (SERVILLE, 1831) (*Romaleidae*) ont pullulé de 1971 à 1974 dans le nord de l'état du Minas Gerais et nécessité des interventions aériennes (COSENZA, 1977).

Tropidacris collaris (STOLL, 1813) et *Tropidacris cristata* (LINNAEUS, 1758) (*Romaleidae*) - dont les larves au comportement grégaire sont surnommées "soldadinhos", principalement du fait de leurs colorations vives et de leur habitude de se déplacer en file indienne - causent régulièrement des problèmes en région amazonienne. Les dégâts sont en particulier notés sur les plantations de palmiers, cocotiers, bananiers, manioc, tout spécialement dans l'état de Pará. *T. collaris*, dans le Nordeste, attaque également manguiers, coton et canne à sucre.

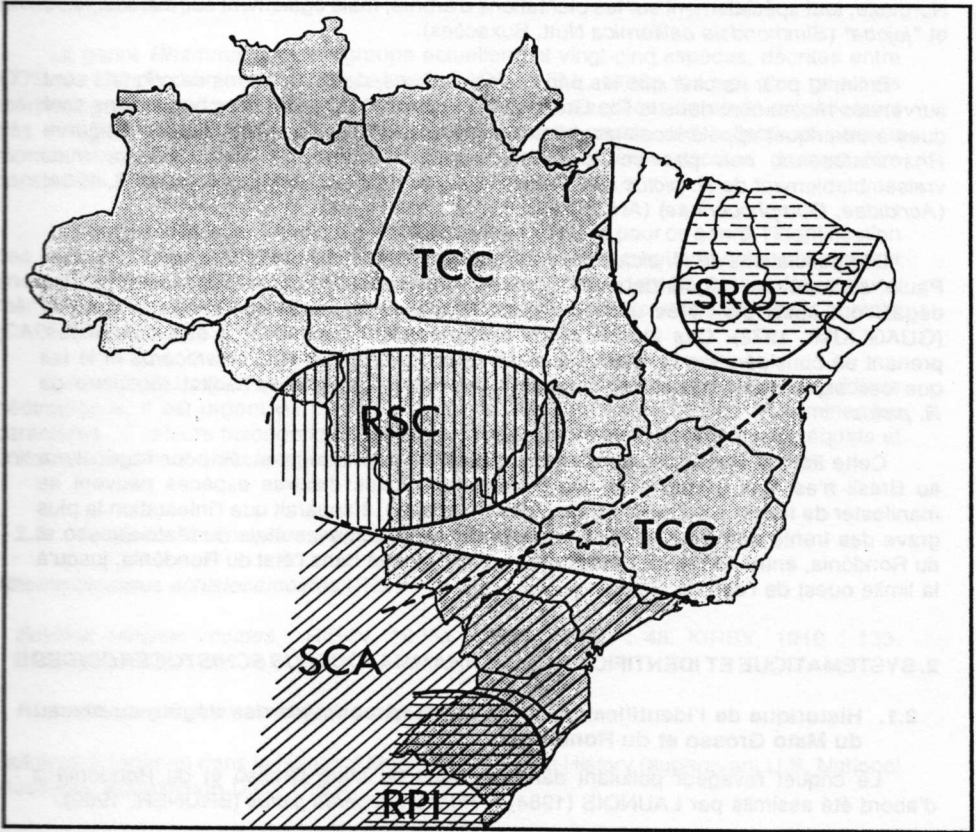


Fig. 1. — Aires de distribution des principales espèces de criquets ravageurs au Brésil.

- SCA *Schistocerca cancellata* (d'après HARVEY, 1981)
 SPA *Schistocerca pallens* (d'après COPR, 1982) (tout le Brésil ; zone de pullulation : Nordeste)
 RSC *Rhammatocerus schistocercoides* (d'après CARBONELL, 1988a, modifié)
 RPI *Rhammatocerus pictus* (d'après COPR, 1982)
 TCO *Tropidacris collaris* (d'après CARBONELL, 1984) (tout le Brésil ; zone de pullulation : région amazonienne)
 TCC *Tropidacris cristata cristata* (d'après CARBONELL, 1984)
 TCG *Tropidacris cristata grandis* (d'après CARBONELL, 1984)
 SRO *Stiphra robusta* (approximatif).

Stiphra robusta MELLO-LEITÃO, 1939 (le "Mané Magro") et *Scleratoscopia protopeirae* (AMEDEGNATO, 1985) (*Proscopiidae*) posent des problèmes dans la région Nordeste, tout spécialement sur les plantations d'arbres, mais également sur manioc, ricin, et "jojoba" (*Simmondsia californica* Nutt, Buxacées).

Enfin, et pour ne citer que les principales espèces, des pullulations de criquets sont survenues récemment dans le Rio Grande do Sul, en 1991 et 1992. Ces pullulations sont dues à un criquet appelé localement "*gafanhoto crioulo*". Il s'agit d'une espèce du genre *Rhammatocerus*, non pas de *R. schistocercoides* comme au Mato Grosso, mais vraisemblablement de *R. pictus* (BRUNER, 1900) ou de *R. conspersus* (BRUNER, 1904) (*Acrididae*, *Gomphocerinae*) (ANONYME, 1990b ; 1991a à d).

Des pullulations de *R. pictus* ont été signalées entre 1969 et 1971 dans l'état de São Paulo, causant des dégâts dans la région de Alta Sorocabana (COSENZA, 1977). Des dégâts ont aussi été notés dans certaines zones du Nordeste sur la canne à sucre (GUAGLIUMI, 1973). Ces identifications demanderaient cependant à être confirmées, prenant en considération la nécessité d'une révision du genre *Rhammatocerus* et le fait que ces signalisations sont très largement en dehors de l'aire d'habitat reconnue de *R. pictus*.

Cette liste des espèces acridiennes potentiellement dangereuses pour l'agriculture au Brésil n'est pas limitative et des pullulations locales d'autres espèces peuvent se manifester de temps à autre, ici ou là. Dans l'ensemble, il apparaît que l'infestation la plus grave des trente dernières années est celle survenue dans les états du Mato Grosso et du Rondônia, entre 12° et 15° de latitude sud, de Vilhena dans l'état du Rondônia, jusqu'à la limite ouest de l'état de Goiás.

2. SYSTEMATIQUE ET IDENTIFICATION DE *RHAMMATOCERUS SCHISTOCERCOIDES*

2.1. Historique de l'identification de l'espèce responsable des dégâts au niveau du Mato Grosso et du Rondônia

Le criquet ravageur pullulant dans les états du Mato Grosso et du Rondônia a d'abord été assimilé par LAUNOIS (1984) à *Rhammatocerus pictus* (BRUNER, 1900).

Par la suite, COSENZA (IN OLIVEIRA, 1987) considère que si cette espèce appartient bien au genre *Rhammatocerus*, un certain nombre de différences peuvent être observées par rapport à la description type qu'en donne BRUNER. COSENZA suppose alors que le criquet pullulant au Mato Grosso appartient à une nouvelle espèce, non encore décrite, du genre *Rhammatocerus*, et propose le nom de *Rhammatocerus parecis*, du nom de la Chapada dos Parecis, localité d'où semblent issues les récentes pullulations.

Dans une monographie consacrée au problème des pullulations de criquet au Rondônia et au Mato Grosso (COSENZA, 1987), ce même auteur parle simplement de *Rhammatocerus sp.*

Finalement, l'espèce a été formellement identifiée par CARBONELL (1988a) comme étant *Rhammatocerus schistocercoides* (REHN, 1906).

2.2. Le genre *Rhammatocerus*

Le genre *Rhammatocerus* a été créé par SAUSSURE en 1861. L'espèce type en est *Rhammatocerus viatorius* (SAUSSURE, 1861) [basionyme : *Stenobothrus viatorius* SAUSSURE 1861].

Le genre *Rhammatocerus* regroupe actuellement vingt-cinq espèces, décrites entre 1775 et 1988, la dernière étant *R. palustris* CARBONELL, 1988a. Il s'agit d'un genre de morphologie très uniforme, dans lequel l'identification des espèces demeure actuellement très difficile (CARBONELL, 1988). Un premier examen rapide des collections nous a montré que, probablement, une moitié à peine des espèces décrites devront être considérée comme valide.

Les caractères morphologiques étant d'utilisation difficile pour ce genre, l'identification des espèces doit se baser sur divers caractères chromatiques qui présentent cependant une grande variabilité intra-spécifique. L'étude de séries importantes d'exemplaires d'une même espèce, collectés dans une seule localité, permet facilement de s'en rendre compte (CARBONELL, l.c.).

CARBONELL (l.c.) souligne que, comme pour d'autres groupes d'acridiens néotropicaux, il est urgent de procéder à une révision du genre afin de déterminer les caractères de valeurs taxonomique, de décrire les espèces avec des critères adéquats et uniformes, donnant enfin la possibilité à l'avenir d'identifications faciles et justes.

2.3. L'espèce *Rhammatocerus schistocercoides*

Rhammatocerus schistocercoides (REHN, 1906)

Scyllina schistocercoides : REHN, 1906a : 388 ; 1906b : 48. KIRBY, 1910 : 133. BRUNER, 1911 : 36.

Rhammatocerus schistocercoides : JAGO, 1971 : 266.

Holotype F (unique) dans le National Muséum of Natural History (auparavant U.S. National Muséum), Washington D.C., U.S.A.

Malgré la nécessité de procéder à une révision du genre *Rhammatocerus*, *R. schistocercoides* présente quelques caractéristiques permettant une identification sûre (CARBONELL, 1988a). La description originelle de REHN (1906a), qui est fondée sur un seul exemplaire femelle et ne possède pas d'illustrations, offre peu d'éléments pouvant contribuer à une identification spécifique. La seule partie utile de cette description est celle concernant les couleurs, surtout celles des pattes postérieures. CARBONELL (l.c.) a, par contre, effectué une redescription détaillée de l'espèce basée sur une série d'exemplaires et sur une étude préliminaire et comparative d'autres espèces du même genre, en indiquant également les éléments les plus importants au niveau variations intra-spécifiques. Cette description servira, ici, de base (voir plus loin le paragraphe morphologie et pigmentation).

2.4. Les noms vernaculaires

Le criquet ravageur du Mato Grosso et du Rondônia est appelé "*tucuras*" par les indiens Parecis et Nhambiquara, ce qui se traduirait, en portugais, par "*gafanhoto crioulo*" (LAUNOIS, 1984) ou en français par "*criquet local*" ou "*criquet du pays*".

Il convient cependant de remarquer que ces appellations ne sont pas très spécifiques. En effet, "*tucura*" est également utilisé par les indiens pour désigner, en particulier, *Tropidacris cristata* (REIS, 1985) et, par ailleurs, le terme de "*gafanhoto crioulo*" est employé dans le Rio Grande do Sul pour désigner une espèce acridienne locale, *Rhammatocerus pictus*.

3. AIRE DE DISTRIBUTION DE *RHAMMATOCERUS SCHISTOCERCOIDES*

3.1. Signalisations

L'aire d'habitat du *R. schistocercoides* demeure encore mal connue. L'essentiel des signalisations publiées (CARBONELL, 1988a) concerne le Mato Grosso ; quelques unes sont du Rondônia (Vilhena), une (ancienne) du Mato Grosso du Sud (à proximité de Corumbá) et une de l'état de Goiás à la frontière avec le Mato Grosso (Rio Araguaia). Cependant l'aire d'habitat de l'espèce pourrait être plus vaste. Il existerait, en particulier, dans les collections du Muséum de Paris des exemplaires collectés au Pérou, au Costa Rica, en Uruguay (AMEDEGNATO, c.p. 1992) et dans la collection du NRI à Chatham, un individu provenant de Colombie.

Les zones de pullulations récentes du *R. schistocercoides* s'étendent, quant à elles, du sud-est du Rondônia à la frontière de l'état de Goiás, couvrant une large partie du Mato Grosso. Cette région s'étend, approximativement, entre les coordonnées 12° - 15° S et 51° - 61° W ; elle représente environ 300 000 km² et renferme, en particulier, la zone considérée comme zone d'origine des premières pullulations entre les années 1979 et 1984 : la réserve indigène des indiens Parecis.

Nous reproduisons ci-dessous la localisation des différents exemplaires examinés par CARBONELL (l.c.) pour sa redescription de l'espèce :

RONDÔNIA :

Vilhena, 5M, 8F, VI.1986, J. U. CARVALHO ; 1M, 1F, VIII.1987, M. H. LAUNOIS-LUONG (collection du Musée National, Rio de Janeiro).

MATO GROSSO :

"Chapada near Cuiabá", H.H. SMITH, 1F (holotype) de la collection du National Muséum of Natural History, Washington, D.C. ; 1M, 1F, même région et même collecteur, collection L. BRUNER, actuellement à l'Academy of Natural Sciences of Philadelphia.

Itirirí, Rio Papagaio (approx. 13°2'S, 58°17'W), 1M, 1F, VII-VIII.1961, K. LENKO (Musée de Zoologie, Université de São Paulo).

Tangará da Serra, 1F, IX.1984, J. DAL PONTE (collection Université Fédérale du Mato Grosso, Cuiabá). 5M, 10F, VI.1984, R. C. MAURO (collection IAA Planalsucar, Araras, São Paulo).

Diamantino, 1M, 1F, X.1984, G. COSENZA (Musée National, Rio de Janeiro).

Campos de Julho, 2M, 2F, VIII.1987, M. LAUNOIS (Musée National, Rio de Janeiro).

L'espèce a, de plus, été observée en grandes quantités dans les régions de Pontes et Lacerda et de Vila Bela da Santíssima Trindade par M. José Augusto Fernandes da Costa, en VII.1986.

MATO GROSSO DU SUD :

Corumbá (BRUNER, 1911). São Domingos, 2M, 2F, X.1949 (Musée de Zoologie, Université de São Paulo).

GOIÁS :

Frontière avec le Mato Grosso, sur les bords du rio Araguaia, 10 à 15 km au sud d'Aruanã, 1M, 2F, VIII.1953, C. S. CARBONELL (collection Faculté des Sciences Humaines, Montevideo).

3.2. Carte de distribution

Afin d'avoir une idée plus précise de l'aire de distribution de *Rhammatocerus schistocercoides*, aux signalisations publiées signalées dans le paragraphe précédent, il convient d'ajouter les nombreuses informations collectées par le service de l'agriculture de l'état du Mato Grosso lors des campagnes de surveillance et de traitement antiacridien les cartes d'extension du fléau publiées dans divers rapports à diffusion restreinte (Anonyme, 1986a), ainsi que les observations plus ponctuelles de divers chercheurs ayant effectué des missions dans la zone des pullulations (LAUNOIS, 1984 ; DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988 ; LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992). L'ensemble permet de dresser la carte de distribution suivante (Fig. 2).

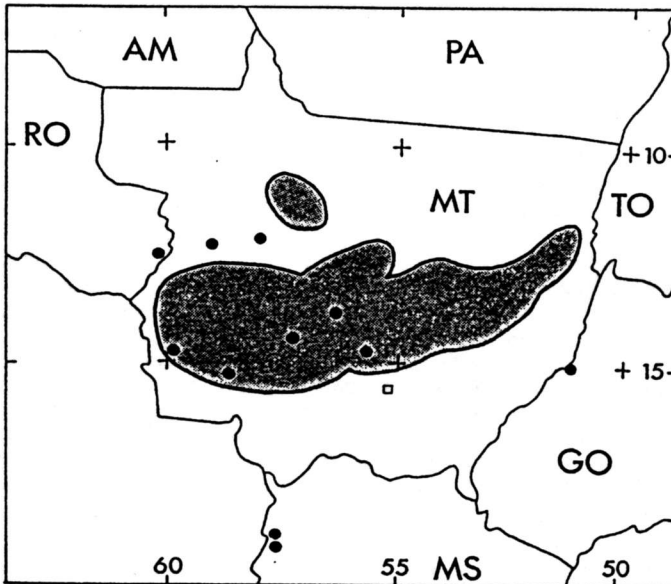


Fig. 2. — Aire de distribution de *Rhammatocerus schistocercoides*. Zones grises : principales zones de pullulations 1984-86 (Anonyme, 1986c) ; point noir : signalisations mentionnées par CARBONELL (1988a).

4. MORPHOLOGIE ET PIGMENTATION

La description de *Rhammatocerus schistocercoides* fournie par CARBONELL (1988) est actuellement la plus complète. Elle comporte un exposé détaillé de la coloration des principales parties du corps et signale également les principales variantes pigmentaires observées. Cette description rend compte d'une partie de la variabilité pigmentaire très importante des téguements de *R. schistocercoides* ; effectuée sur un nombre limité d'exemplaires, il nous semble utile de la compléter par nos propres observations et par les descriptions réalisées par divers autres auteurs (LAUNOIS, 1984 ; DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988 ; COSENZA *et al.*, 1990).

Par ailleurs, seuls les imagos ont à ce jour été décrits. Les larves ne sont mentionnées que par COSENZA *et al.* (1990) qui fournissent simplement des mensurations.

4.1. Description de CARBONELL (1988a)

Nous reproduisons ici la description de CARBONELL (1988a).

Rhammatocerus schistocercoides possède une taille relativement grande par rapport aux autres espèces du genre. Les principaux caractères de diagnose sont les suivants :

Coloration générale : marron clair, plus rarement foncé ; quelques exemplaires avec des taches très nettes, marron très foncé ou noir, dans la région post et infra-oculaire de la tête et sur les parties latérales du pronotum. Région fasciale de la tête de couleur paille ou ivoire. Base de la partie visible des mandibules marron clair, région apicale noire et, entre les deux, présence fréquente d'une étroite bande bleue.

Elytres : ils présentent une série de taches transversales peu marquées et ne possèdent pas la bande longitudinale blanche (ou plus claire que le reste de l'élytre), située entre les nervures costale et sous-costale, qui existe dans la grande majorité des espèces du genre.

Fémur postérieur : en vue dorsale, couleur marron clair, avec une série de petites taches au voisinage de la carène médio-dorsale, parfois avec des bandes transversales très peu marquées. Face externe des fémurs de couleur marron clair uniforme. Dans la moitié basale du fémur, la partie supérieure de la zone située entre les carènes inféro-externe et supéro-externe est fréquemment colorée en marron foncé. La partie située entre les carènes inférieure et inféro-externe est bleu intense dans les trois quarts du fémur à partir de la base. La face interne du fémur est marron clair dans la partie supérieure. La région comprise entre les carènes inféro-interne et supéro-interne est de couleur bleu intense (chez quelques exemplaires anciens la couleur est paille à ivoire), présentant toujours une tache marron foncé ou noir dans la partie supérieure, à la fin du premier tiers de la longueur du fémur. La partie inférieure de cette face interne, en dessous de la crête stridulatoire, est de couleur bleu intense dans les deux tiers à partir de la base, et rouge-orange dans son tiers apical, y compris au niveau de la partie inférieure du lobe géniculaire.

Tibia postérieur : rouge-orange vif spécialement intense au niveau des faces supérieure et inférieure du tibia, moins intense dans la face interne, plus pâle (parfois jaune paille) au niveau de la face externe. Le tiers apical du tibia est de couleur bleu intense. Les épines

tibiales sont noires dans les deux tiers apicaux, leur base est bleue pour les 3 à 4 épines apicales, rouge-orange chez les autres.

Tarse : dans sa partie supérieure, bleu comme l'extrémité du tibia, mais fréquemment plus clair.

Les variantes chromatiques suivantes sont signalées par CARBONELL (l.c.) :

La plus grande partie des exemplaires examinés sont de couleur marron clair bien uniforme. Quelques uns sont plus foncés avec des taches sur les élytres plus marquées. Il existe des variantes chromatiques, les unes avec des taches foncées sur la tête et le pronotum, comme pour l'exemplaire type de l'espèce, et d'autres de coloration uniforme, sans taches.

La partie supérieure de la région tête-pronotum peut être presque uniformément marron ou présenter, avec une intensité variable, une bande claire située entre deux bandes plus foncées. Cette dernière coloration est plus fréquente chez les individus possédant des taches latérales foncées sur la tête et le pronotum.

Des bandes foncées transversales sur la partie supérieure du fémur postérieur sont présentes chez les exemplaires plus mélanisés, mais sont fréquemment absentes.

Dans toute la série examinée par CARBONELL, il y a seulement un exemplaire (de Diamantino, MT) possédant la région fasciale de la tête, les carènes latérales et les parties latérales de la métazone du pronotum de couleur vert clair. Cette couleur est absente chez tous les autres exemplaires examinés.

La partie médiane de la face externe des fémurs postérieurs est généralement comme décrit ci-dessus, mais chez les exemplaires plus foncés les chevrons peuvent être bien délimités par des lignes très nettes de couleur marron foncé.

La face interne du fémur postérieur est toujours bleu intense pour la partie située sous la crête stridulatoire. La région médiane est de cette même couleur bleue, mais plus claire pour tous les exemplaires récents (y compris ceux collectés en 1953). Chez les exemplaires anciens des séries de H. H. SMITH, collectés dans la première décennie du siècle, cette zone est de couleur paille à ivoire. Il est possible que la couleur bleue ait disparu sous l'action du temps ou de mauvaises conditions de conservation mais, selon CARBONELL, il est probable qu'elle n'existait pas originellement et REHN (1906a) ne la mentionne d'ailleurs pas dans sa description originale faite à partir d'exemplaires récemment capturés. Cependant, pour ces exemplaires anciens, les lignes qui délimitent les chevrons internes conservent généralement une coloration bleuâtre. La tache foncée déjà mentionnée dans cette région existe pour tous les exemplaires examinés. D'étendue plus ou moins variable, elle ressort nettement chez les exemplaires sans pigmentation bleue dans cette zone et elle apparaît comme une ombre foncée à travers cette pigmentation chez les exemplaires récents.

Remarque : Il nous semble que cette disparition de la coloration bleue sur la face interne du fémur postérieur, peut être attribuée, très vraisemblablement, à de mauvaises conditions de conservation des échantillons collectés par H. H. SMITH. En effet, il nous a été donné d'observer sur le terrain de nombreux cadavres de *R. schistocercoides*, ayant passé de quelques heures à quelques jours sur le sol et, chez un certain nombre d'entre

eux, cette coloration bleue de la face interne du fémur postérieur avait presque entièrement disparu. Seules subsistaient effectivement des lignes bleuâtres délimitant les chevrons.

4.2. Description de LAUNOIS (1984)

Nous reproduisons ici la description de LAUNOIS (1984) (qui avait alors identifié l'espèce comme *R. pictus*).

La coloration générale est souvent brune, avec quelques plages vertes. Le pronotum porte latéralement des lignes plus claires dont les extrémités sont divergentes. Le dos peut être parcouru par une bande plus claire, brune ou verte, se prolongeant sur le dessus des élytres. L'éperon inféro-interne des tibias postérieurs est très développé. Il existe deux formes phénotypiques : l'une d'apparence banale avec des couleurs brunes et vertes (forme A), l'autre avec des taches brun sombre ou noires de chaque côté de la tête et sur les bords latéraux antérieurs du pronotum (forme B). En octobre 1984, sur 365 adultes capturés dans les régions de Sorriso et de Diamantino on comptait 83 % de forme A et 17 % de forme B. Les yeux composés de la forme B sont plus sombres que ceux de la forme A. Chez cette dernière, on distingue facilement 7 stries oculaires pour les imagos mâles comme pour les femelles. Les élytres sont tachés de brun, les ailes postérieures sont jaunâtres. Les pattes postérieures ont des couleurs très remarquables : le fémur est coloré en bleu sombre sur les faces interne et inféro-interne, en brun sur la face externe. Le tibia est jaune orangé dans sa partie proximale, plus orangé côté interne que côté externe, et bleu dans sa partie distale. Les adultes capturés au Mato Grosso mesurent 37,2 mm en moyenne pour les mâles (extrêmes : 35-40) et 42,2 mm pour les femelles (extrêmes : 38-47).

4.3. Description de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)

Ces auteurs, sans donner de description précise, signalent plusieurs caractères permettant de décrire la diversité pigmentaire de *Rhammatocerus schistocercoides* :

- dominance brune plus ou moins uniforme,
- présence/absence de macules noires,
- présence/absence de taches vertes,
- présence/absence d'une bande sagittale de couleur claire plus ou moins étendue.

Toutes les populations observées par ces auteurs étaient hétérogènes avec une dominance très marquée d'insectes bruns et non maculés de noir sur les côtés du pronotum. Par contre, dans toutes les populations importantes des insectes maculés ont été observés de même que des insectes verts (ou présentant des taches vertes sur la partie antérieure du corps).

4.4. Description de COSENZA, CURTI et PARO (1990)

Pour ces auteurs, *Rhammatocerus schistocercoides* a des élytres de couleur gris clair avec des taches plus sombres. Le thorax et la tête peuvent présenter une teinte verte ou gris clair. Il existe une forme phénotypique, représentant 15 % des populations, possédant une tache noire occupant une partie de la tête et des parties latérales du pronotum. Les

mandibules sont de couleur bleu métallique, ainsi que la face interne des fémurs postérieurs et l'extrémité distale des tibias. Le reste des tibias est de couleur orangée.

Les mâles adultes pèsent de 0,98 à 1,26 g et les femelles de 1,47 à 1,77 g.

4.5. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)

Au cours d'une mission d'étude du *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso, en octobre-novembre 1992, il nous a été possible d'observer de nombreux exemplaires de cette espèce. Globalement, le nombre d'individus verts (ou présentant certaines parties du corps teintées de vert) apparaît beaucoup plus élevé que dans les cas précédents. Sur 145 individus étudiés, 137 présentaient une coloration verte (d'étendue variable) sur certaines parties du corps, soit 94,5 %. Huit individus seulement en étaient totalement dépourvus.

Ces taches vertes semblent apparaître préférentiellement, et par ordre de fréquence décroissante, sur le front, les lobes latéraux et les carènes latérales du pronotum, l'épisternite mésothoracique, l'aire supéro-externe du fémur postérieur, la carène dorsale et le disque du pronotum, le clypeus, puis - très rarement - sur les joues, le vertex, les épimériles méso et métathoracique, l'épisternite métathoracique et l'aire anale des élytres.

Il a même été observé un individu presque entièrement vert, la teinte verte s'étendant sur les parties frontales et dorsales de la tête, une partie des joues, l'ensemble du pronotum, les parties latérales des deuxième et troisième segments thoraciques, une partie de l'aire anale des élytres et sur la presque totalité de la partie médio-dorsale du fémur postérieur.

Au niveau de cette dernière zone, d'une manière générale, les bandes transversales marron apparaissent bien marquées, de même que les bandes transversales marron ou noires sur les élytres.

La carène dorsale du pronotum peut être de la teinte générale du corps ou présenter une teinte différente, vert ou brun clair. Cette teinte peut se prolonger sur la tête, au niveau du vertex, donnant naissance à ce que l'on peut appeler une ligne sagittale. Le disque du pronotum, de part et d'autre de la carène médiane, peut être de teinte plus foncée que le reste du corps, brun foncé ou noir.

La proportion d'individus présentant des taches noires étendues au niveau des joues et des lobes latéraux du pronotum (forme B de LAUNOIS), était de 12,4 %.

4.6. Conclusions

Rhammatocerus schistocercoides présente donc une variabilité pigmentaire très importante, plus importante que ce que pouvait laisser penser les descriptions effectuées par chacun des auteurs précédents, n'ayant eu chacun à leur disposition qu'un nombre limité d'exemplaires.

Cependant, quelques grands types pigmentaires peuvent être distingués, rejoignant ceux définis par CARBONELL (1988a) et DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988) :

- coloration générale uniformément brune ou présentant des taches vertes plus ou moins étendues sur certaines parties du corps ;
- présence/absence de macules noires sur les joues et les lobes latéraux du pronotum ;
- présence/absence d'une bande sagittale de couleur claire plus ou moins étendue sur les parties dorsales de la tête et du pronotum.

Le pourcentage d'individus présentant une coloration verte semble varier considérablement, sans que pour l'instant on puisse trouver une explication à ce phénomène. L'espèce n'ayant qu'une seule génération par an, on ne peut invoquer un polymorphisme saisonnier à l'égal de ce qui existe, par exemple, chez *Locusta migratoria* LINNAEUS et de nombreux autres acridiens, où les individus de teinte verte sont majoritaires en saison des pluies alors que ce sont les individus bruns qui sont dominants en saison sèche. Certaines de ces modifications de pigmentation sont peut être redevables d'un phénomène de polymorphisme phasaire, encore faudrait-il que ce phénomène existât chez cette espèce. Quoi qu'il en soit, seule une étude fine de la pigmentation et de sa variabilité naturelle dans des conditions écologiques variées devrait pouvoir apporter sur ce sujet des éléments de réponse.

5. GREGARISATION ET POLYMORPHISME PHASAIRE

5.1. Rappel sur le polymorphisme phasaire

On sait que certains acridiens en forte densité manifestent un comportement grégaire formant, à l'état larvaire, des bandes et, à l'état imaginal, des essaims aux capacités migratrices parfois forts importantes. Ces modifications touchent, en réalité, non seulement le comportement mais également la morphologie, l'anatomie, la biologie, l'écologie et la physiologie des espèces concernées. Celles-ci, en faible densité, se présentent à l'état - ou phase - solitaire, alors qu'en forte densité, on les trouve à l'état - ou phase - grégaire.

On parle de polymorphisme phasaire pour désigner cette possibilité, pour certaines espèces acridiennes de changer (entre autre) de morphologie et de comportement en fonction de la densité des populations. De telles espèces appartiennent à la catégorie des locustes, celles ne présentant pas cette capacité (la grande majorité) étant regroupées dans la catégorie des sauteriaux (espèces non-grégariques).

Par ailleurs, certaines des réponses à la densité sont immédiates (comportement en particulier), alors que d'autres ne se manifestent qu'à la génération suivante et peuvent même s'amplifier au fil des générations si les mêmes conditions se maintiennent car le phénomène est progressif induisant des états phasaires intermédiaires qualifiés de transiens.

Ce phénomène, mis en évidence pour la première fois par UVAROV (1921) chez *Locusta migratoria*, a été retrouvé depuis chez un certain nombre d'autres acridiens dont *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775) et *Nomadacris septemfasciata* (AUDINET-SERVILLE, 1838). Dans la nature, la transformation de la phase solitaire dans la phase grégaire s'effectue au niveau de zones particulières - les aires grégariques - où se forment les premiers essaims et d'où partent les invasions acridiennes. Ce sont ces

zones qu'il convient de surveiller en permanence dans le cadre d'une stratégie de lutte préventive, afin d'éliminer les premières formations grégaires (ou tout au moins *transiens*) et d'enrayer dès le départ le processus d'invasion, évitant ainsi la dissémination des essaims.

Schistocerca cancellata (SERVILLE, 1838), qui peut épisodiquement ravager le sud du Brésil, appartient à cette catégorie des locustes. Son aire grégarigène est située dans le nord de l'Argentine (cf. Chapitre 1). C'est d'ailleurs, pour l'Amérique du sud, la seule espèce grégariapte.

A part les espèces où l'amplitude de variation phasaire (les différences entre les phases solitaire type et grégaire type) est très importante, une certaine tendance au polymorphisme phasaire et au gréganisme peut être notée chez quelques sauteriaux.

Dans le genre *Rhammatocerus*, l'espèce *R. pictus* est connue pour manifester, dans certaines conditions, un comportement grégaire à l'état imaginal (CARBONELL, 1957). De son côté, *R. schistocercoides*, au Mato Grosso, présente un comportement grégaire indéniable. Cependant, rien ne prouve encore actuellement que cette espèce développe un véritable polymorphisme phasaire.

5.2. Les formations grégaires de *Rhammatocerus schistocercoides*

5.2.1. Observations de COSENZA, CURTI et PARO (1990)

Les pullulations récentes montrent que *Rhammatocerus schistocercoides* présente une nette tendance au gréganisme avec la formation de taches et de bandes larvaires ainsi que d'essaims capables de migrer, de jour et à basse altitude, sur des distances assez grandes.

Les principales observations sont dues à COSENZA *et al.*, (1990) auxquels nous empruntons les descriptions ci-dessous (à noter que la numérotation des stades larvaires est celle de ces auteurs) :

"... Peu après les éclosions, en novembre-décembre, les larves se réunissent en bandes compactes et s'alimentent sur la végétation graminéenne des zones de cerrado et de campo.

A partir du troisième stade, en février, les larves commencent à se déplacer, et le diamètre occupé par les bandes larvaires augmente. Les larves sont très grégaires et la densité de la population peut atteindre 500 individus par mètre carré dans la partie centrale des bandes. Les déplacements augmentent encore quand les larves atteignent le quatrième stade. Dans ces conditions, chaque bande peut occuper une surface d'environ 0,5 hectare. Les dégâts aux cultures de riz peuvent alors être sévères. Lorsque les larves atteignent le cinquième stade, les dégâts aux cultures augmentent encore. Ce stade a déjà environ la taille des imagos et se distingue par la coloration orangé vif de la tête et du thorax.

Les bandes larvaires se déplacent alors entre les zones de cerrado (ou de campo) et les cultures, entrant le matin dans les cultures et retournant dans le cerrado aux heures chaudes de la journée.

Les individus se transforment en imagos en avril-mai et continuent à former des groupes très grégaires qui se déplacent sans direction bien définie entre la végétation naturelle et les cultures, causant à cette époque des dégâts importants, surtout au riz dont les panicules sont coupées.

A partir de mai, les individus se regroupent dans les zones de végétation verte, dans les bas-fonds, les mares asséchées et les pâturages. A cette époque, les dégâts aux pâturages commencent à être important.

Les groupes d'imagos se réunissent en essaim pour migrer en août. Ces essaims sont de type stratiforme et très allongés".

COSENZA *et al.*, 1990 rapportent l'existence d'essaims de *Rhammatocerus schistocercoides* de 30 km de long, 2,5 km de large et 30 m de hauteur. Un tel essaim pèserait environ 100 tonnes et les insectes ingéreraient chaque jour un poids de matière végétale équivalent à celui consommé par 3 300 bœufs (Anonyme, 1986c). Ces essaims se dirigeraient dans une direction définie, ouest-est, en relation avec la direction des vents dominants à cette époque de l'année. Ils peuvent franchir environ 25 km par jour (CURTI et BRITTO, 1987), la distance parcourue étant fonction de la température et de la vitesse du vent¹. Ainsi, partant de la frontière de l'état du Rondônia, ces essaims arriveraient jusqu'à la limite de l'état de Goiás. Quand les essaims se posent, ils se séparent de nouveau en groupes, les individus s'accouplent et les femelles se préparent à pondre. La densité de pontes peut être très forte. GUERRA (c.p., 1993) signale avoir observé en janvier 1993, sur la Chapada dos Parecis, une densité de 230 pontes sur 805 cm² sur une superficie d'environ 50 m².

5.2.2. Observations de LAUNOIS (1984)

Selon LAUNOIS (1984), les essaims ne volent pas haut (5 à 20 m d'altitude), mais ils peuvent couvrir en surface plus de 700 km², avec une densité de 1 à 30 individus au m². Ces essaims se déplacent à 20 km/h par vent favorable. Les femelles sont les plus nombreuses sur le front d'invasion, les mâles tendent à voler moins loin et moins longtemps. En octobre 1984, sur 365 adultes capturés dans les régions de Sorriso et Diamantino, 79 % étaient des femelles et 21 % des mâles.

5.2.3. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)

Ces auteurs signalent la présence de 3 essaims, rencontrés sur la piste principale, dans la région de Campos de Julho, le 19 juillet 1987.

- Le premier fut observé à quelques kilomètres avant Campos de Julho. Il mesurait une centaine de mètres de large et plusieurs centaines de mètres de long. Peu dense, il contenait environ 0,2 insectes/m³. Cet essaim effectuait un déplacement orienté, apparemment spontané et traversait la piste passant d'une zone de cerrado partiellement défriché (avant labour) à une friche de riz pluvial.

¹ A noter que cette affirmation est en contradiction avec les statistiques de directions de vent sur le Mato Grosso, en particulier pendant la saison sèche, période de migration des essaims.

- Le second essaim à quelques kilomètres de la sortie de Campos de Julho était deux fois plus important que le premier. La densité des insectes en vol était également plus élevée 2 à 3/m³. L'essaim traversait dans le sens du vent une vaste friche de riz pluvial localement déchaumée.
- Le troisième essaim était posé dans une formation de cerrado occupant le bord est de la piste. Le bord ouest était colonisé par du "cerradão", milieu manifestement hostile pour l'espèce. Les criquets semblaient s'être bloqués en amont de l'obstacle constitué par le massif de "cerradão". Quelques vols d'évitement provoqués par le passage du véhicule ont été observés. La densité était de plus de 10 insectes au mètre cube.

5.2.4. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)

Nous avons pu observer plusieurs bandes larvaires, constituées de larves de premier stade, fin octobre-début novembre 1992, sur la Chapada dos Parecis. La densité de larves au sein des bandes était forte et variait de 500 à 5 000 larves par mètre carré. La superficie des bandes observées était, par contre, réduite allant de 50 à 3 000 m². Nous avons pu, à l'époque, observer de telles bandes dans toutes les zones favorables visitées, à végétation de "cerrado" ou de "campo cerrado" sur sol sableux.

5.2.5. Conclusions

Il semble donc que les bandes larvaires de *R. schistocercoides* soient en général de taille assez réduite, de quelques centaines à quelques milliers de mètres carrés. La densité de larves au sein des bandes peut, par contre, être très forte et atteindre plusieurs milliers de larves au mètre carré.

Les essais sont essentiellement de type stratiforme, peu denses, volant de jour à très basse altitude.

5.3. Questions liées à la migration des essaims

Concernant les migrations de *Rhammatocerus schistocercoides*, deux questions fondamentales peuvent être débattues : d'une part, ces migrations ne concernent-elles que les populations en forte densité (n'existe-t-il pas des déplacements de populations de faible densité pouvant jouer un rôle important) et, d'autre part, quel est l'ampleur réelle des déplacements et existe-t-il vraiment une direction privilégiée comme semble l'indiquer certaines observations ?

5.3.1. Les migrations ne concernent-elles que les populations en forte densité ?

Selon LAUNOIS (1984), les migrations importantes d'adultes ne sont pas la règle sauf en cas de pullulation. Pour CARBONELL (1988a), la taille moyenne (dans l'ensemble) et le vol habile et soutenu du *Rhammatocerus schistocercoides*, lui confèrent une bonne mobilité et de bonnes possibilités de dispersion. Il considère cependant les espèces de *Rhammatocerus* comme typiquement sédentaires et ne produisant des migrants qu'en proportions limitées quand les populations augmentent de façon considérable sous

l'influence de conditions météorologiques ou autres. Pour CARBONELL (l.c.), la production occasionnelle de migrants chez des espèces sédentaires de divers criquets a déjà été prouvée dans d'autres pays, certains d'Amérique du Sud. Ces migrations sont généralement de faible intensité et présentent la caractéristique de vols de dispersion. Jamais elles n'atteignent l'intensité et le pouvoir destructeur des essaims produits par les espèces du genre *Schistocerca* en Amérique ou dans l'Ancien Monde ou des espèces des genres *Locusta* et *Nomadacris* également dans l'Ancien Monde.

Il convient cependant de rester prudent sur ce problème des migrations (LECOQ, 1991). En effet, les sauteriaux (espèces sans phénomène de transformation phasaire) étaient autrefois considérés comme sédentaires par opposition aux locustes (espèce à phénomène de transformation phasaire) migratrices, capables d'effectuer des déplacements sur de très grandes distances. Quelques phénomènes migratoires avaient bien été observés mais l'on pensait (CARBONELL, 1957, 1988a) que cela était exceptionnel et lié à des situations de pullulation. En réalité, les recherches effectuées depuis une trentaine d'années ont montré qu'on ne pouvait opposer les locustes et les sauteriaux sur ce critère des déplacements. En effet, de nombreux sauteriaux, considérés comme sédentaires ou apparemment sédentaires, sont en réalité mobiles et effectuent également des déplacements par vol sur de grandes distances, non pas d'une manière exceptionnelle, mais très régulièrement. Il s'agit d'une caractéristique de la dynamique des populations de nombreuses espèces de criquets des régions chaudes, locustes comme sauteriaux. Ces déplacements, effectués par des populations de faible densité, sont discrets, généralement nocturnes et difficiles à mettre en évidence sans une méthodologie spécifique. Ils constituent l'une des stratégies adaptatives développées par les acridiens face à leurs environnements et visent en particulier à leur permettre, en fonction de la variabilité saisonnière, la colonisation de zones écologiquement complémentaires (LECOQ, 1978 ; FARROW, 1990).

La principale différence entre ces deux grandes catégories d'acridiens, quant aux déplacements, réside dans les modalités de ces derniers. Chez les sauteriaux et dans le cas de la phase solitaire des locustes, ces déplacements sont discrets ; ils s'effectuent au crépuscule et en début de nuit et concernent des populations de faible densité. Seuls les essaims de locustes en phase grégaire volent de jour ; ils sont spectaculaires et facilement repérables.

Il n'est donc pas exclu que les populations "*solitaires*", de faible densité, de *Rhammatocerus schistocercoides* puissent également effectuer des déplacements adaptatifs nocturnes. Ces déplacements sont évidemment difficiles à détecter, s'effectuant de nuit et concerneraient des populations de densité faible, ne présentant aucun intérêt économique et passant généralement inaperçues. Seules des études fines de dynamique des populations, ou des études par radar, pourraient permettre de mettre ces déplacements en évidence. Les premières observations que nous avons pu réaliser ne montrent cependant aucune attraction de ce criquet, la nuit, par les lumières.

5.3.2. Quelle est l'ampleur réelle des déplacements et existe-t-il une direction privilégiée ?

CURTI & BRITTO (1987) signalent que les essaims peuvent couvrir environ 25 km par jour selon la température et la vitesse du vent. Un grand mouvement migratoire annuel de l'ouest vers l'est du Mato Grosso a été envisagé (CURTI et BRITTO, 1987 ;

COSENZA *et al.*, 1990), mouvement qui expliquerait les craintes d'une invasion de l'état voisin de Goiás. Ce mouvement reste, cependant, à démontrer. Cette hypothèse n'est d'ailleurs pas obligatoirement la seule et la plus logique. En effet :

- Les preuves d'un déplacement ouest-est ne paraissent pas exister actuellement. Il s'agit simplement d'indices indirects semblant indiquer un tel phénomène :
 - Extension des zones de pullulations de l'ouest vers l'est à partir de 1984
 - Observation, localement, d'une direction plus fréquente des vols vers l'est. Mais aucune étude aérologique n'a été réalisée. Seule une telle étude, faisant appel en particulier à l'analyse des cartes météorologiques synoptiques, permettrait d'analyser objectivement l'ambiance aérologique dans laquelle vit ce criquet et d'en déduire les possibilités de migrations.
- Un mouvement orienté uniquement de l'ouest vers l'est correspondrait à une sorte de fuite en avant en sens unique. Un tel phénomène est connu chez *Chortoicetes terminifera* (WALKER, 1970) en Australie où des essaims migrateurs sortent de l'aire normale de reproduction de l'espèce pour aller se perdre, entraînés par les vents, dans des zones défavorables à l'espèce où ils ont cependant le temps de causer des dégâts importants aux cultures. Un tel phénomène semble peu plausible dans le cas présent. Un nomadisme local avec des directions diverses paraît plus logique. L'espèce pourrait ainsi exploiter l'ensemble de l'aire d'habitat pendant toute la saison sèche, et trouver les conditions les plus propices à sa survie à cette époque de l'année. Un tel phénomène avec des directions de vent forts variables nous a d'ailleurs été rapporté à plusieurs reprises (LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992).
- Pendant la saison sèche (à l'époque de présence des essaims), le Mato Grosso est plutôt sous l'influence de vents de secteur est et nord-est (cf. Chapitre 7).
- Actuellement, les pullulations semblent partout avoir une origine relativement locale (LECOQ et PIEROZZI Jr., l.c.). Les bandes que nous avons pu observer en octobre et novembre 1992 étaient distribuées de l'est à l'ouest du Mato Grosso. Les populations avaient un développement très synchrone et il n'était nul besoin de faire appel à des apports de populations de l'ouest pour expliquer les pullulations à l'est.
- Les essaims de *Rhammatocerus schistocercoides* volent à basse altitude (5 à 30 m) pendant le jour et semblent être facilement arrêtés par les formations forestières. Il n'est pas évident qu'ils puissent facilement se déplacer de l'ouest à l'est du Mato Grosso sur 600 à 800 km de distance.

En fait, l'on peut envisager une autre conception de *Rhammatocerus schistocercoides* et de ses migrations. Cette espèce, univoltine, voit ses imagos apparaître vers le mois d'avril, en fin de saison des pluies. Ces imagos sont vraisemblablement en diapause, ce qui leur permet d'attendre durant toute la saison sèche en état immature, la reproduction ne commençant qu'avec le retour des pluies, vers le mois de septembre. Pendant tous les mois de saison sèche, d'avril à septembre, soit pendant la moitié de l'année, les populations de *Rhammatocerus schistocercoides* vont se déplacer. Ces déplacements doivent correspondre à un nomadisme local permettant à l'espèce d'explorer son aire d'habitat jusqu'au retour de conditions propices. Les directions de vol des essaims pourraient être plus diverses qu'on ne semble le penser actuellement. Ces essaims pourraient aller et venir au gré des vents pendant toute la saison sèche. La résultante de ces déplacements étant que, d'une année à l'autre les criquets (et les zones de pullulations) pourraient se déplacer beaucoup.

Depuis maintenant 10 ans, les essaims sont présentés comme sortant des réserves indiennes de l'ouest du Mato Grosso et se précipitant vers l'est, allant jusqu'à menacer les cultures de l'état de Goiás. Or, jusqu'à présent, le fléau est resté limité au Mato Grosso. Succès des opérations de lutte ou limite liée à l'aire de distribution naturelle de l'espèce ? Des réponses ne pourront être apportées que par des études de l'écologie de l'acridien, des facteurs qui limitent son aire de distribution, de son comportement de vol (et en particulier de la possibilité de vols nocturnes), du déterminisme de ces vols et enfin de l'ambiance aérologique générale à l'intérieure de laquelle cet insecte évolue.

5.4. La possibilité d'un polymorphisme phasaire chez *Rhammatocerus schistocercoides*

5.4.1. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)

Pour DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988), un phénomène phasaire pourrait expliquer les différences morphologiques observées entre *Rhammatocerus pictus* et le criquet du Mato Grosso ; l'un serait la forme solitaire de l'autre. Il semble maintenant que cette hypothèse puisse être définitivement rejetée depuis, en particulier, la redescription de *R. schistocercoides* par CARBONELL (1988a). Cependant, des différences pigmentaires et morphométriques entre les populations d'insectes isolés, d'une part, et groupés, d'autre part, suggèrent qu'un phénomène phasaire est peut-être malgré tout à envisager (DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988). Ces auteurs rapportent quelques observations effectuées sur des populations de faibles et de fortes densité.

Un échantillon portant sur 130 individus (57 mâles et 73 femelles) prélevé dans un essaim de densité estimée entre 50 000 et 75 000 à l'hectare, dans la région de Campos de Julho, a permis de constater les caractères pigmentaires suivants :

- teinte générale du corps assez uniformément brun-orangé ;
- pourcentage de vert égal à 5 % chez les mâles et 16 % chez les femelles ;
- 14 % des mâles portaient la macule thoracique noire contre 10 % chez les femelles.

Dans le même temps les *Rhammatocerus schistocercoides* de la région de Vilhena, vivant en densité beaucoup moins élevée (5 000/ha), présentaient une plus grande diversité de coloration : noirâtre pour ceux ayant vécu sur brûlis, beige, brun clair, ocre ou taché de vert pour les autres.

Au niveau morphométrie, les mesures portant sur la longueur de l'élytre (E), du fémur postérieur (F) et la largeur de la capsule céphalique (C) ont permis de différencier morphométriquement les deux populations en utilisant les rapports E/F et F/C (Fig. 3).

Cependant, pour ces auteurs, seuls des élevages expérimentaux rationnellement conduits permettraient de trancher en toute objectivité quant à l'éventuelle existence d'un phénomène phasaire chez *Rhammatocerus schistocercoides*.

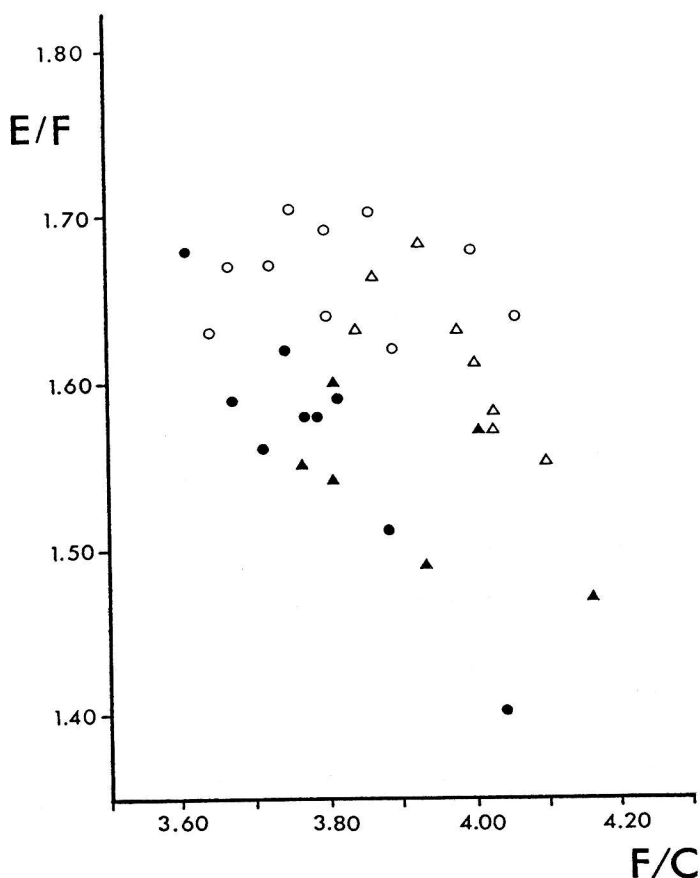


Fig. 3. — Diagramme morphométrique d'imagos mâles et femelles de *Rhammatocerus schistocercoides* issus de populations d'origines différentes (d'après DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988).

En noir, exemplaires originaires de Vilhena RO, faibles densités ; en blanc, exemplaires originaires de Campos de Julho MT, fortes densités (cercles : femelles ; triangles : mâles).

5.4.2. Observations de COSENZA, CURTI et PARO (1990)

COSENZA *et al.*, (1990) considèrent acquise l'existence d'un phénomène phasaire et parlent de phase solitaire et de phase grégaire. Selon ces auteurs, la phase solitaire, obtenue par élevage isolé en cage depuis le premier stade, est de coloration uniforme gris clair, et la face interne des fémurs postérieurs ne présente pas la teinte bleue métallisée brillante typique des grégaires. Ce point est intéressant à rapprocher de la description de CARBONELL (1988a) signalant que les exemplaires anciens, collectés par SMITH et décrit par REHN, ne présentent pas de couleur bleu intense sur la face interne des fémurs postérieure. Il pourrait s'agir d'individus solitaires (nous avons vu, cependant, que de

mauvaises conditions de conservations pouvaient également avoir provoqué une disparition rapide de cette teinte).

Toujours selon COSENZA *et al.* (l.c.), les individus de la phase solitaire sont bien plus petits que ceux de la phase grégaire. La longueur totale des individus serait la suivante en fonction de la phase :

Phase solitaire :	M : 31.0 mm	F : 37.0 mm
Phase grégaire :	M : 37.6 mm	F : 42.5 mm.

Il convient cependant de remarquer que la publication de COSENZA *et al.* (l.c.) ne présente pas le protocole expérimental utilisé, le nombre d'individus étudiés, les conditions précises d'élevage, toutes données très importantes lorsqu'il s'agit d'un phénomène aussi délicat que le polymorphisme phasaire. Par ailleurs, les mensurations données sont très différentes de celles fournies, en particulier, par CARBONELL (1988a). A titre comparatif, COSENZA *et al.* (l.c.) donnent pour longueur totale des femelles solitaires 37.0 mm alors que CARBONELL indique pour l'espèce une taille comprise entre 40.0 et 57.0 mm, un individu collecté par SMITH (solitaire dans l'hypothèse évoquée plus haut) mesurant 47.00 mm. Il est cependant possible que COSENZA ait mesuré la longueur du corps jusqu'à l'extrémité de l'abdomen et non pas jusqu'à l'extrémité des élytres comme cela est classiquement réalisé.

5.4.3. Discussion et conclusions

L'existence d'un phénomène de polymorphisme phasaire chez *Rhammatocerus schistocercoides*, évoquée par plusieurs auteurs (DURANTON et LAUNOIS-LUONG, 1988 ; COSENZA *et al.*, 1990), n'a à ce jour fait l'objet d'aucune démonstration. Aucune preuve tangible fiable n'existe.

Si *Rhammatocerus schistocercoides* est incontestablement une espèce susceptible de pulluler et de présenter un comportement grégaire manifeste tant au stade larvaire qu'au stade imaginal, l'existence d'un phénomène phasaire (tel que chez *Schistocerca gregaria* FORSKÅL ou *Locusta migratoria* LINNAEUS) implique cependant d'autres modifications que les seules modifications comportementales :

- existence de deux phases bien distinctes, solitaire et grégaire ;
- changement de phase (grégarisation) sous l'influence de la densité des populations ;
- outre les modifications comportementales, existence de modifications importantes sur les plans morphologiques et pigmentaires (existence de formes solitaires et grégaires bien différenciées), sur le plan physiologique (par exemple nombres d'œufs par ponte très différents entre les deux phases), sur le plan écologique (exigences écologiques différentes des phases solitaires et grégaires, existence d'une aire d'habitat des solitaires différente de celle des grégaires, existence d'aires grégarigènes où se déroule le changement de phase et d'où partent les essaims primitifs à l'origine des invasions).

Quelques indices d'un tel phénomène existent actuellement (différences de tailles entre individus élevés en groupe et individus élevés isolément - COSENZA *et al.*, 1990 ; différences pigmentaires entre échantillons de collections pouvant éventuellement, pour certaines, être attribuées à un phénomène de phase), mais des études complémentaires plus précises devront être effectuées avant de pouvoir statuer sur l'existence ou la non existence d'un polymorphisme phasaire chez *Rhammatocerus schistocercoides*.

6. BIOLOGIE

6.1. Le cycle biologique

6.1.1. Observations de LAUNOIS (1984)

Les premières données sur la biologie du criquet ravageur du Mato Grosso, *Rhammatocerus schistocercoides* (identifié à l'époque comme *Rhammatocerus pictus*), ont été fournies par LAUNOIS (1984) à partir d'informations recueillies sur le terrain au cours d'une rapide mission d'étude entre le 9 et le 16 octobre 1984. Cet auteur signale la présence d'une seule génération par an, la période de reproduction et le développement coïncidant avec la saison des pluies (d'octobre à février au Mato Grosso).

6.1.2. Observations de COSENZA (1987), CURTI et BRITTO (1987) et COSENZA, CURTI et PARO (1990)

Des données plus complètes sont ensuite rapportées par COSENZA (1987), CURTI et BRITO (1987) et COSENZA *et al.*, (1990). Ces auteurs indiquent que le cycle biologique se déroule sur une année avec une seule génération. Les pontes ont lieu en octobre-novembre, dans un sol mou, légèrement humide. Les oothèques sont déposées à 5 cm de profondeur dans le sol ; elles contiennent de 25 à 30 œufs. En élevage, chaque femelle effectue en moyenne 5 pontes. Le développement embryonnaire dure environ 2 semaines.

Les éclosions se déroulent en novembre-décembre. Chaque stade larvaire dure, en moyenne 26 jours (Tableau I). Il y aurait 5 stades larvaires, dans la nature, dans les conditions du Mato Grosso et 6 stades, en élevage, dans les conditions du District Fédéral. La durée totale du développement larvaire est de 127 jours, soit environ 4 mois.

Les mues imaginale ont lieu en avril-mai. La période principale de migration des imagos se situe en août-septembre. Les accouplements ont lieu en septembre-octobre.

TABLEAU I. — Morphométrie et durées de développement de *Rhammatocerus schistocercoides* (d'après COSENZA *et al.*, 1990).

LARVES						IMAGOS	
	1	2	3	4	5	M	F
Longueur (mm)	8,5	9,7	27,3	28,1	34,5	37,6	42,5
Poids (g)	-	-	-	-	-	1,08	1,63
Durée (jours)	18	24	26	28	31	210	

6.1.3. Observations de DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988)

Pour DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988), le cycle biologique de *R. schistocercoides* paraît assez bien établi :

- les œufs sont déposés en septembre-octobre ;
- le développement larvaire passerait par 5 stades ; il serait assez lent et les imagos émergeraient en mars-avril ;
- les imagos subiraient une diapause imaginale correspondant à la période de sécheresse hivernale puis amorceraient leur développement sexuel en septembre ; après avoir pondu les femelles disparaîtraient très rapidement avant l'arrivée des premières pluies importantes.

6.1.4. Observations de LECOQ et PIEROZZI Jr. (1992)

Les observations que nous avons pu réaliser (LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992) concordent avec les connaissances actuelles sur la biologie du *Rhammatocerus schistocercoides*, à savoir une seule génération annuelle, un développement larvaire de novembre/décembre à mars/avril, des imagos pendant toute la saison sèche, d'avril à septembre, et une période de reproduction (accouplements et pontes) avec le retour de la saison des pluies, en septembre. Les grandes lignes du cycle biologique de l'espèce semblent donc bien établies.

Il est vraisemblable que les imagos restent pendant toute la saison sèche en diapause imaginale, attendant le retour des premières pluies importantes pour se reproduire. La réalité de cette diapause imaginale mériterait cependant d'être vérifiée et son déterminisme étudié (déterminisme photopériodique vraisemblablement).

Le développement embryonnaire mériterait également d'être étudié plus précisément, en particulier en relation avec la température. Il conviendrait d'avoir des données plus précises sur le nombre de pontes dans la nature (très certainement inférieur à cinq), sur l'échelonnement de ces pontes et celui des éclosions.

La dissection d'oothèques de *R. schistocercoides* collectées sur le terrain en octobre et novembre 1992 a révélé une structure originale assez complexe. L'oothèque est complètement entourée d'une coque dure formée de sable et de matière spumeuse agglomérée. Elle est fermée à sa partie supérieure par un opercule d'aspect corné, très dur, noir brillant. Les œufs sont disposés à l'intérieur de l'oothèque en rangées parallèles superposées. La masse ovigère est surmontée par un espace vide assez important, la partie supérieure étant remplie de matière spumeuse d'aspect blanc brillant (Fig. 4).

Le dénombrement des stries oculaires chez tous les imagos que nous avons capturés révèle la présence générale de 7 ou 8 (rarement 9) stries, ce qui indiquerait l'existence de 6 ou 7 stades larvaires au minimum et non de 5 comme cela était reconnu jusqu'à présent sur le terrain. Ce nombre plus élevé de stades larvaires semble en accord avec les données de LAUNOIS (1984) qui distingue 7 stries oculaires chez tous les imagos mâles et femelles capturés dans les régions de Sorriso et Diamantino en octobre 1984. Ce nombre est également en accord avec nos observations sur le développement larvaire de *R. schistocercoides* réalisées à partir de collectes de larves effectuées régulièrement pendant la saison des pluies dans différents sites du Mato Grosso². Ces observations

² Nous remercions particulièrement M. Wanderley Dias Gerra, Ingé. Agr. au Ministère de l'Agriculture du Mato Grosso, pour l'envoi de nombreux échantillons de larves tout au long de la saison des pluies 1992-93.

nous ont montré que le nombre de stades larvaires des populations capturées dans la nature est bien supérieur à cinq si l'on se réfère au nombre de stries oculaires (Tableau II). Il semble qu'il y ait au minimum 6 stades larvaires, la plupart des individus passant par 7 stades et certains par 8 stades. Ces chiffres recourent ceux obtenus par dénombrement des stries oculaires des imagos. Ce nombre élevé de stades larvaires paraît également plus en accord avec la durée très longue du développement larvaire chez *R. schistocercoides* et les données sur les nombres de stades larvaires d'autres espèces acridiennes ayant un tel développement.

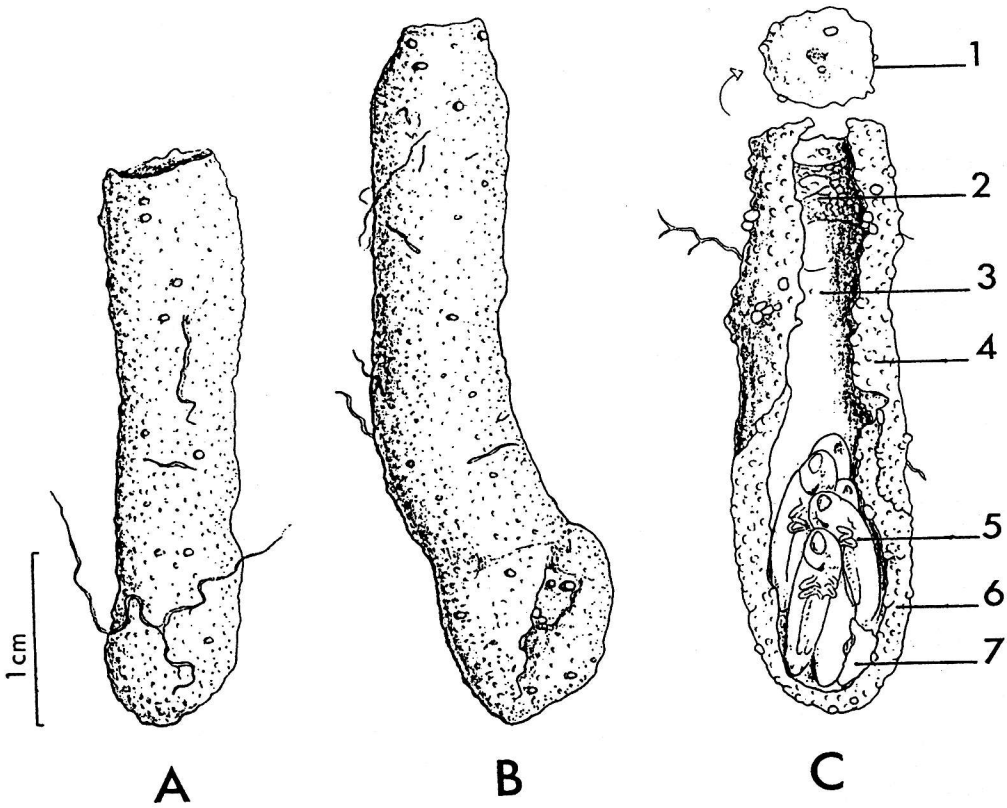


Fig. 4. — Oothèques de *Rhammatocerus schistocercoides*.

A, B, vues externes ; C, coupe longitudinale.

1, opercule (face interne) ; 2, matière spumeuse ; 3, espace vide ; 4, coque (vue externe) ; 5, larves prêtes à éclore ; 6, coque (section) ; 7, fragment de chorion.

Chez les individus passant par 6 stades larvaires le retournement des ptérothèques se situe entre les stades 4 et 5, au lieu d'être placé entre les stades 5 et 6 chez les individus passant par 7 stades. Il n'est pas exclu qu'une faible fraction des populations passe par 8 stades larvaires, mais ceci reste à confirmer.

Enfin, le développement larvaire est donné comme étant de l'ordre de 127 jours, soit environ 14 mois, par COSENZA *et al.*, (1990), les éclosions ayant lieu en novembre-décembre et les mues imaginales en avril-mai. Cependant nos observations d'éclosions et de bandes larvaires de stade 1 dès la fin du mois d'octobre/début novembre montrent que l'on peut s'attendre à des mues imaginales en quantité importante dès le mois de mars. Sinon la durée du développement larvaire devra être revue à la hausse.

TABLEAU II. — Reconstitution schématique du développement larvaire de *R. schistocercoides* à partir de l'analyse d'échantillons collectés régulièrement sur le terrain.

Stade	O	N	D	J	F	M	A	M
L1	X	X	.	.	.	.	.	.
L2	.	X	X	.	.	.	.	.
L3	.	.	X	.	.	.	.	.
L4	.	.	.	X	.	.	.	.
L5	.	.	.	X	X	.	.	.
L6	X	X	.	.
L7 (L8)	X	X	.
Imagos	X	X

Les croix (X) indiquent, pour chaque mois, les stades majoritaires.

6.1.5. Conclusions sur le cycle biologique

Si le cycle biologique de *R. schistocercoides* est connu dans ses grandes lignes de nombreux points restent à éclaircir, notamment par des études précises de dynamique des populations en conditions naturelles. Le Tableau ci-dessous constitue une synthèse des données actuelles.

TABLEAU III. — Le cycle biologique de *Rhammatocerus schistocercoides*.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
PP	151	205	248	268	236	203	138	56	10	7	27	72
D	////////		////////////////////////////////////						////////			
PPPPPP P												P
EEEEEE E												
LLLLLLLLLLLLLLLLLLLL L L												
MMMMMMMMMMMM M M												MMMMM
*												* * * * *
25-30 œufs/ ponte		6 à 7 sept stades larvaires bandes larvaires denses (500 à 5000/m ²)										Essaims stratiformes et allongés (jusqu'à 30 km de longueur, 2,5 km de largeur, 30 m d'altitude). Distance parcourue : ± 25 km / jour Nomadisme local ou mouvement orienté O-E ?
Déplacements et grégation croissants												----->>>
Augmentation des dégâts												

PP précipitations moyennes mensuelles (en mm) à Diamantino
D durée du jour croissante (/) et décroissante (\)
P pontes ; E éclosions ; L larves
I imagos immatures (diapause ?) ; M imagos matures
* migrations

6.2. Le régime alimentaire

Les données sur le régime alimentaire de *R. schistocercoides* sont très sommaires et se résument essentiellement à des signalisations de dégâts.

Pour OLIVEIRA (1987), l'aliment naturel de ce criquet est constitué par les graminées du cerrado. Selon DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988), le régime alimentaire est réputé être graminivore et les dégâts sont surtout importants sur le riz, le maïs, la canne à sucre, les pâturages naturels. Sur le soja il y aurait, selon ces auteurs, plus de déprédation que de consommation proprement dite. Pour CURTI et BRITTO (1987), ce criquet préfère les graminées naturelles des zones de cerrado et de campo, puis le riz, le maïs, le sorgho, les pâturages et enfin le soja et les haricots.

6.3. Le fonctionnement ovarien

Les informations sur le fonctionnement ovarien des femelles de *Rhammatocerus schistocercoides* sont très fragmentaires et uniquement anecdotiques. Aucune étude n'a été à ce jour réalisée sur le sujet.

Selon LAUNOIS (1984), les femelles ont en moyenne 56 ovarioles (extrêmes : 51-60), ce qui signifie qu'elles peuvent produire au maximum une moyenne de 56 œufs par ponte. Chaque ovariole contient en moyenne 20 ovocytes avant la première ponte (soit une potentialité théorique de 20 pontes, jamais exprimée dans la nature).

DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988) signalent également que le nombre d'ovarioles chez les femelles - comme celui des tubes séminifères chez les mâles - tourne autour de 55 (extrêmes : 50 et 60). Des dissections réalisées par ces auteurs le 19 août 1987 (à partir d'exemplaires collectés dans la nature), ont révélé que les femelles présentaient toutes des ovocytes en pré-vitellogénèse, c'est dire que la maturation ovocytaire n'était pas encore amorcée. Le corps gras était peu abondant. Quelques individus maintenus en élevage ont initié leur vitellogénèse au bout de 5 semaines, mais les conditions d'élevage n'ont pas permis d'obtenir de ponte. Au 28 septembre, la dissection des femelles mortes a révélé l'avortement de tout le premier cycle ovocytaire, tandis que les ovocytes de rang 2 avaient accompli les 2/3 de leur vitellogénèse, avec 15 à 20 % de régressions. Les ovocytes de rang supérieur étaient sains, bien individualisés, au nombre de 25 à 30, précédant le filum terminal.

6.4. Les ennemis naturels

Pour COSENZA (1987), les ennemis naturels les plus importants des criquets sont les oiseaux. Selon cet auteur, au Mato Grosso, où existe une grande quantité de "garças" (hérons), d'émeus (*Rhea americana*) et de "seriemas" (*Cariama cristata*), les oiseaux pourraient contribuer à maintenir les populations de criquet à un niveau inférieur au seuil de dégâts.

Rien n'est connu des autres ennemis naturels du *Rhammatocerus schistocercoides*. COSENZA (l.c.) signale seulement l'existence d'une guêpe, de coloration rouge, observée capturant un criquet et l'enterrant.

Quelques observations personnelles révèlent l'existence de parasites internes classiques, larves de diptères et nématodes, dont l'importance est vraisemblablement mineure.

Il y a donc très peu de données, voire aucune. L'action des oiseaux est supposée à partir d'observations ponctuelles mais leur rôle réel sur la dynamique des populations de criquets et la régulation éventuelle de leurs pullulations est complètement ignoré. JOERN et GAINES (1990) soulignent d'ailleurs que, d'une manière générale pour l'ensemble des acridiens, si les pertes sous l'influence du prédatisme aviaire peuvent être grandes (GREATHEAD, 1966), le rôle de ce prédatisme comme agent important de la dynamique et de la régulation des populations acridiennes est encore peu clair.

D'une manière générale, en ce qui concerne les facteurs biotiques de régulation des populations, de nombreux auteurs ont souligné leur rôle mineur par rapport à celui des facteurs abiotiques (DEMPSTER, 1963 ; UVAROV, 1977), même si les développements récents des recherches laissent présager que des interactions plus complexes doivent intervenir (JOERN et GAINES, 1990).

7. ECOLOGIE

7.1. Tempérament écologique des espèces du genre *Rhammatocerus* en général

Les espèces du genre *Rhammatocerus* habitent en général des zones relativement sèches. Elles sont trouvées fréquemment (sous forme de populations denses mais de faible extension) dans des endroits chauds, ensoleillés, avec un couvert clairsemé de graminées (CARBONELL, 1988a).

Quelques unes habitent cependant des endroits humides. C'est le cas de *Rhammatocerus palustris* (CARBONELL, 1988), absent de la végétation du cerrado et trouvé dans des marécages couverts de végétation dense et haute (1,0 à 1,5 m) de graminées et de plantes de marais (CARBONELL, 1988a).

7.2. Le tempérament écologique de *Rhammatocerus schistocercoides*

7.2.1. Les conditions écologiques au sein de l'aire d'habitat de *Rhammatocerus schistocercoides* au Brésil

7.2.1.1. Géomorphologie et sols

Si l'on ne tient pas compte des signalisations les plus excentriques, l'aire d'habitat du *Rhammatocerus schistocercoides*, ou plus exactement son aire actuelle de pullulation, s'étend de la région de Vilhena au Rondônia à la région de Barra de Garças à l'est du Mato Grosso, soit sensiblement de 51° à 61° de longitude ouest, et entre 12° et 15° de latitude sud.

Cette région correspond très schématiquement à la zone de la Chapada dos Parecis (Fig. 5). Elle est limitée à l'ouest par la dépression du rio Guaporé, au sud par la dépression du rio Paraguai et la dépression de Paranatinga et à l'est par la vallée du rio Araguaia. Ce plateau, d'altitude comprise entre 500 et 750 m, est doucement incliné vers le nord. Il domine les dépressions à sa partie sud par un rebord en falaise. La topographie de la région est relativement plane ; elle est parcourue de cours d'eau permanents régulièrement distribués. Au nord, l'aire d'habitat du *R. schistocercoides* s'interrompt à la limite de la zone forestière (Fig. 6). Le substrat géologique est constitué essentiellement de roches sédimentaires du tertiaire et du quaternaire. Les sols sont principalement des sols distrophiques de type sols quartzeux et latosols rouges (RADAMBRASIL, 1979-1982).

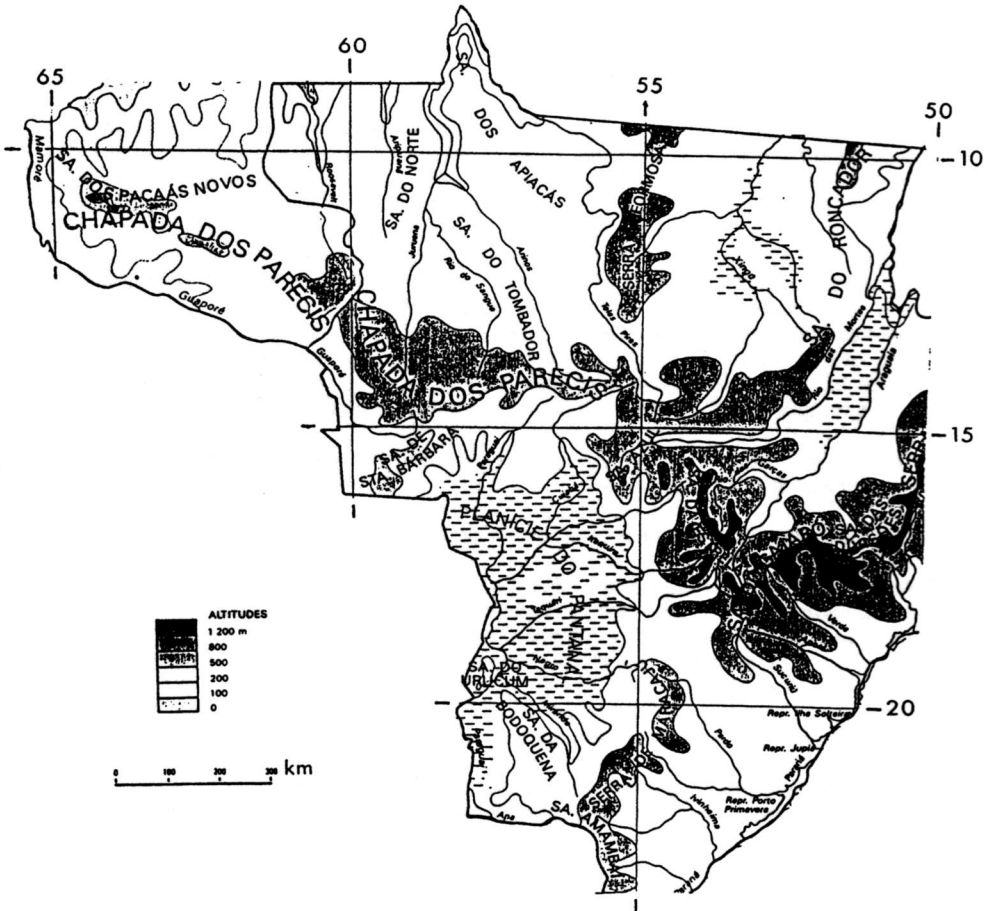


Fig. 5.— Topographie de la région Centre Ouest du Brésil (d'après M. E. SIMIELLI, 1993. *Geoatlas Básico*. Editora Atica S.A., São Paulo).

7.2.1.2. Végétation

La zone des pullulations du *Rhammatocerus* correspond, à l'intérieur de la zone précédemment décrite, aux régions couvertes de savanes ("campo") et de savanes arborées ("campo cerrado" et "cerrado"). Ces formations de savanes constituent la végétation dominante, mais il existe également de grandes zones de forêt : forêt ombrophile plus ou moins dense, forêt saisonnière décidue ou semi-décidue (Fig. 6).

Dans cette région l'emprise agricole est récente et la colonisation humaine a progressé de façon considérable à partir des années 80. On trouve maintenant une prédominance de grandes propriétés agricoles avec des cultures intensives totalement mécanisées de canne à sucre, soja, maïs, riz et également de grandes zones de pâturages naturels ou artificiels.

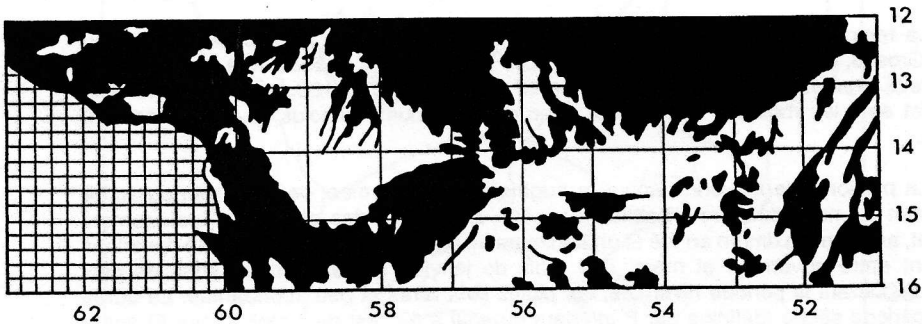


Fig. 6.— Les grandes zones de végétation de l'aire de pullulation du *Rhammatocerus schistocercoides* (d'après RADAMBRASIL, 1979-1982).

En blanc, les zones de savanes (campo et cerrado) ; en noir, les zones de forêt ; quadrillage : zone hors territoire brésilien.

7.2.1.3. Conditions météorologiques et climatiques

La plus grande partie de l'aire d'habitat du *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso est située en région de climat tropical chaud semi-humide, avec 4 à 5 mois secs (Fig. 7 et 8).

Durant toute l'année, sous l'influence de l'anti-cyclone subtropical de l'Atlantique Sud, le temps est stable et les vents sont généralement de secteur Nord-Est à Est (Fig. 9). Cette situation stable et ensoleillée est fréquemment sujette à de brusques variations dues à différents systèmes de circulation atmosphérique perturbée apportant des précipitations (NIMER, 1989). Les trois principaux sont les suivants (Fig. 10) :

1. Le système de circulation perturbé d'ouest, lié aux lignes d'instabilité tropicales (IT), apporte pluies et orages. Il est le plus fréquent en été.
2. Le système de circulation perturbé de nord, lié à la zone de convergence inter-tropicale (CIT), apportant des orages. Ce courant perturbé survient aussi bien en été, qu'en automne et en hiver, avec cependant un maximum de pénétration vers le sud en automne. Il a une importance assez minime sur la région.
3. Le système de circulation perturbé de sud, dû à une pénétration de l'anti-cyclone polaire (AP). Il survient essentiellement en hiver et provoque des pluies frontales et post-frontales sur toute la région pendant 1 à 3 jours consécutifs.

La température moyenne annuelle, dans l'aire d'habitat du *R. schistocercoides* au Mato Grosso, est de l'ordre de 24 degrés. Les mois les plus chauds sont septembre et octobre. La température maximale absolue se situe entre 36 et 42°C., selon la zone. Juin et juillet sont les mois les plus froids, avec des minimums absolus se situant entre 0 et 4°C.

La pluviométrie moyenne annuelle augmente régulièrement de 1500 mm au sud à 2000 mm au nord de l'aire d'habitat (Fig. 11). Le régime des pluies est typiquement tropical, avec un maximum en été et un minimum en hiver. Environ 70 % des précipitations tombent entre novembre et mars. Les mois de janvier, février et mars sont les plus pluvieux. Durant la période hivernale, les pluies sont rares et peu abondantes. La durée de la période sèche (définies par P inférieur ou égal à 2T) est de 4 mois (voire 5) sur la majeure partie de l'aire d'habitat (Fig. 7).

Les pluies ont une certaine irrégularité inter-annuelle. Chaque année les précipitations peuvent s'écarter sensiblement de la valeur normale. Sur la majeure partie de la zone, l'écart pluviométrique annuel, en plus ou en moins, par rapport à la normale, est inférieur à 15 %. Il s'agit donc d'un indice relativement bas par rapport à l'écart enregistré dans d'autres régions du Brésil (Nordeste en particulier).

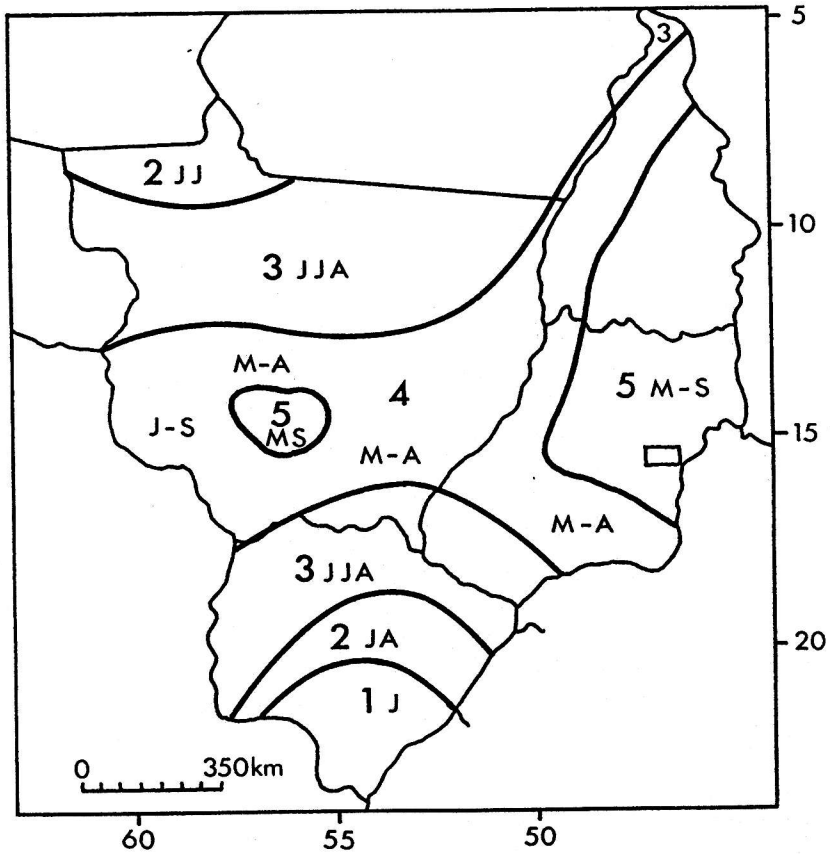


Fig. 7. — Durée de la période sèche dans la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).

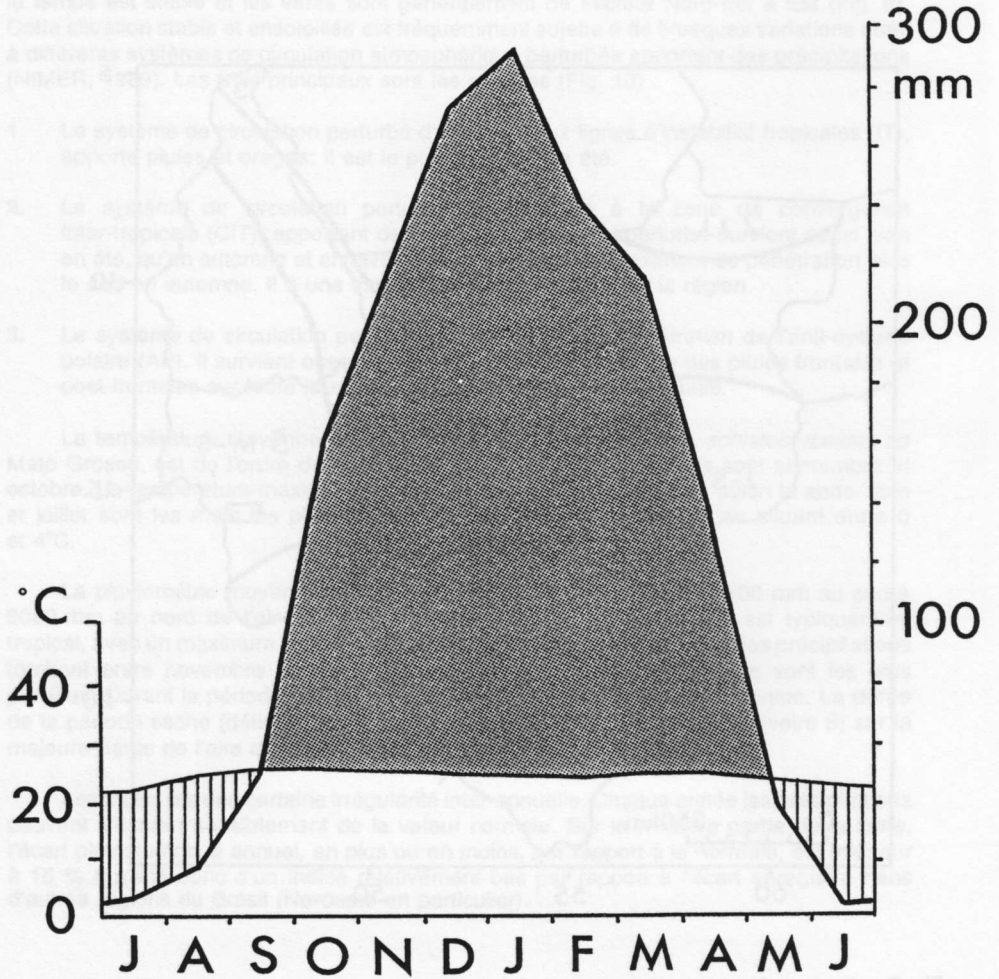


Fig. 8. — Diagramme ombrothermique de Diamantino, au sein de l'aire d'habitat de *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso (d'après NIMER, 1989).

Diamantino : 14°25'S - 56°27'W ; altitude : 288 m ; pluviométrie annuelle moyenne : 1695 mm (1962-1966).

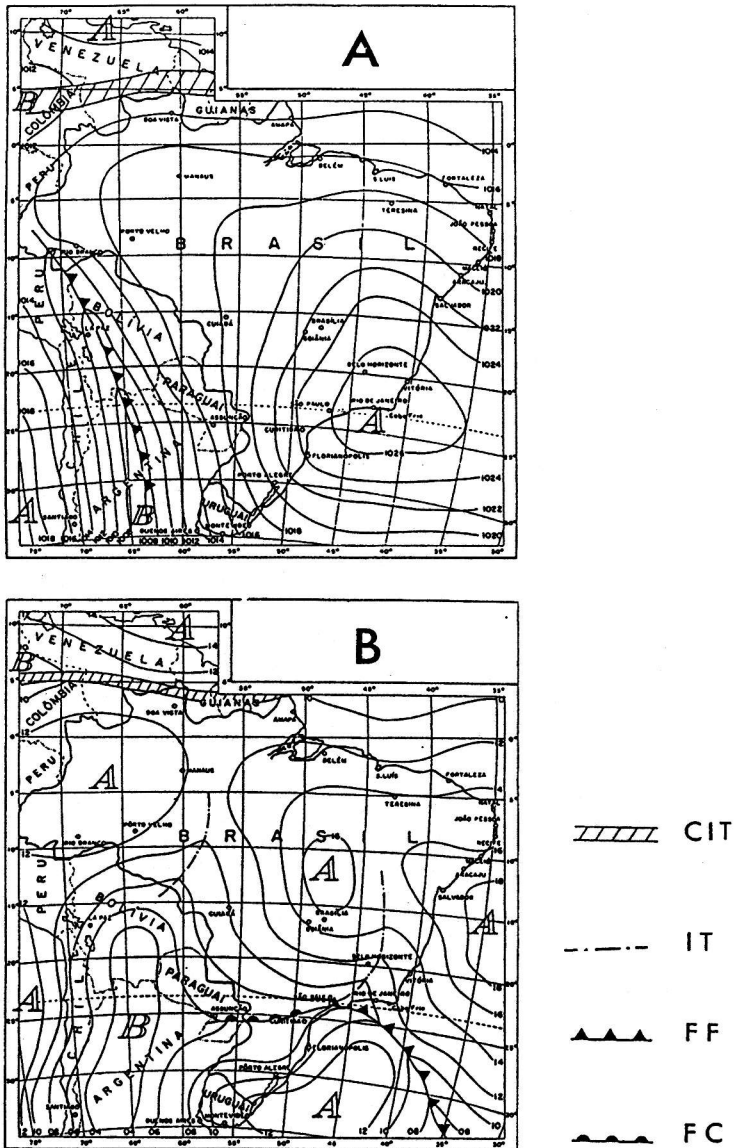


Fig. 9. — Exemple de types de temps sur le Brésil (d'après NIMER, 1989).

A : type de temps hivernal ; B, type de temps estival ; CIT, convergence inter-tropicale ; IT, ligne d'instabilité tropicale ; FF, front froid ; FC, front chaud.

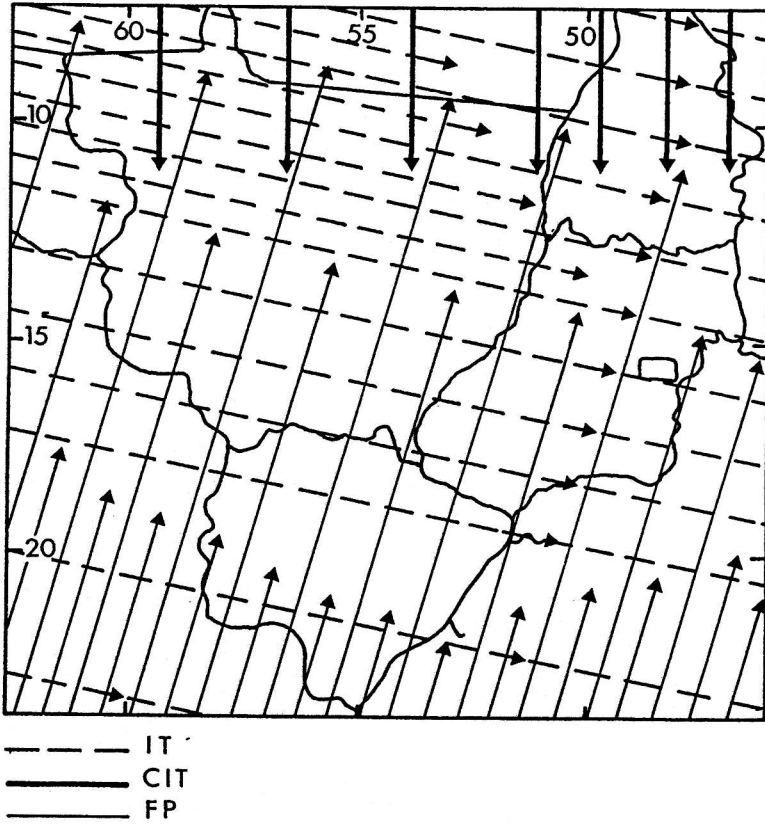


Fig. 10. — Systèmes de circulation atmosphérique perturbée dans la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).

Système de circulation perturbée d'ouest (IT)
 Système de circulation perturbée de nord (CIT)
 Système de circulation perturbée de sud (FP)

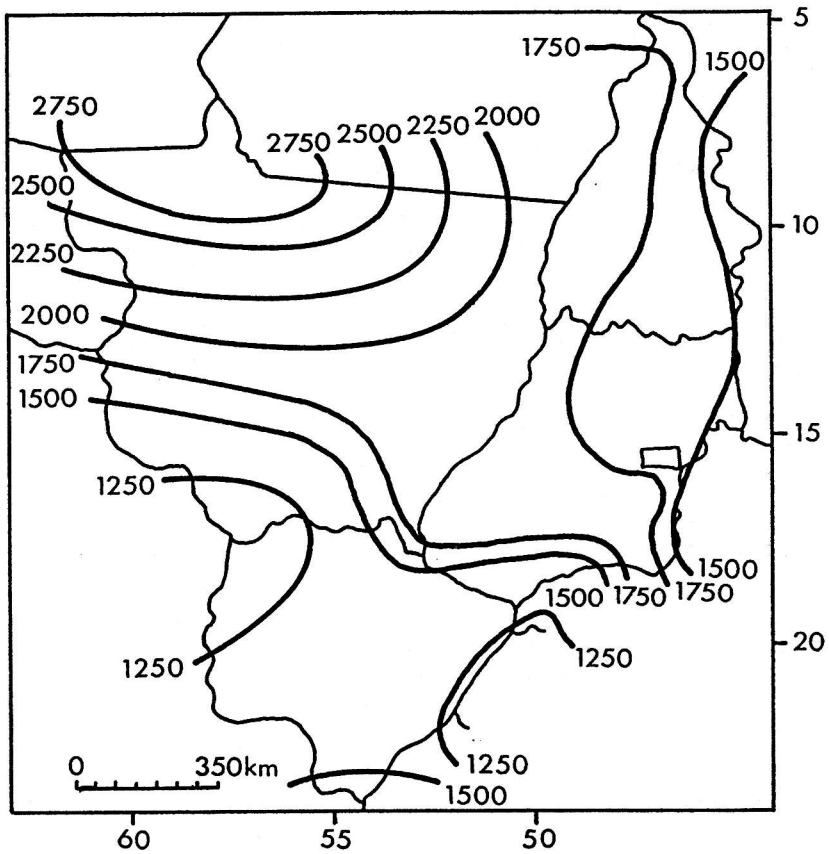


Fig. 11. — Isohyètes annuelles pour la région Centre Ouest du Brésil (d'après NIMER, 1989).

7.2.2. Les biotopes de *Rhammatocerus schistocercoides*

Pour CARBONELL (1988a), les données sur l'habitat naturel de *Rhammatocerus schistocercoides* sont rares et peu sûres, à l'exception de celles que cet auteur aurait collectées en 1953, dans des bas-fonds humides à graminées, sur les bords du Rio Araguaia. Ces données suggèrent, selon cet auteur, que *Rhammatocerus schistocercoides* préférerait les endroits relativement humides avec une végétation dense de graminées, près des cours d'eau. Cette espèce n'habiterait pas normalement le cerrado. Pour CARBONELL (l.c.), la rapide adaptation de cet acridien à des cultures denses de graminées, au cours des récentes pullulations, comme le riz et la canne à sucre, paraît confirmer cette hypothèse.

McCULLOCH (1986b) signale également que, selon certaines indications, les zones marécageuses à la frontière Brésil-Bolivie pourraient constituer des zones de reproduction. L'auteur s'affirme cependant peu convaincu. Par ailleurs, il semble que les dégâts sur riz n'indiquent pas, de la part du *Rhammatocerus schistocercoides*, une préférence pour des milieux plus humides, comme cela a été supposé (CARBONELL, l.c.), les cultures de riz étant des cultures de riz pluvial pratiquées sur les mêmes zones que le maïs ou le soja, dans des milieux d'hygrotophies identiques, anciennement occupés par le cerrado.

En réalité, toutes les données récentes sur l'écologie de *Rhammatocerus schistocercoides*, bien que encore peu nombreuses, démontrent que l'habitat naturel de cet insecte est constitué par le cerrado, ou certaines formes de cerrado et de campo-cerrado. Même les agriculteurs de la région considèrent que le cerrado est l'habitat naturel de cette espèce et en profitent, d'ailleurs, pour réclamer une destruction et une mise en valeur du cerrado pour lutter contre les pullulations (ZÄHLER, 1987).

Pour DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988), *Rhammatocerus schistocercoides* est un acridien du cerrado, semblant bien adapté aux conditions qui règnent dans ce type de formation. Graminivore et graminicole, voire terricole, cet insecte apparaît ainsi à ces auteurs pré-adapté aux cultures de céréales qui se sont multipliées dans son aire d'habitat. Il leur semble, par ailleurs, fort probable que les mosaïques cerrado-cultures céréalières constituent des milieux optimaux car spatio-temporellement complémentaires sur le plan écologique. Par contre, les formations ligneuses fermées leurs semblent hostiles pour ce criquet, ce qui exclut les zones de "cerradão" et de forêt ("mata") de la gamme des biotopes qu'il colonise.

Ces auteurs ont prospecté trois principaux types de biotopes : les cerrados limoneux et les cerrados sableux de la région de Vilhena au Rondônia, ainsi que les cerrados sableux de la région de Campos de Julho au Mato Grosso. *Rhammatocerus schistocercoides* était omniprésent dans les cerrados de la région de Vilhena, mais à des densités faibles à moyennes et avec une répartition souvent à tendance contagieuse. Une concentration de quelques milliers d'individus à l'hectare a été rencontrée sur un brûlis de cerrado sableux, les criquets se regroupant préférentiellement dans les bandes de végétation non brûlée ou à leurs abords immédiats. Des pâturages ensemencés de *Bracharia* sp. avec un recouvrement de 35 % était, par contre, totalement dépourvus d'acridiens. Enfin, dans la région de Campos de Julho, le 19 août 1987, ces auteurs ont observé trois essaims sur la piste principale, dans des zones de cerrado et de friche de riz pluvial (cf. plus haut § 5).

Pour COSENZA *et al.*, (1990), *Rhammatocerus schistocercoides* se reproduit bien sur les chapadas du Mato Grosso, entre 600 et 800 m d'altitude, mais il y a des doutes sur sa reproduction dans les vallées de basse altitude. Pour ces auteurs, cette espèce préfère, tout d'abord, les graminées naturelles du cerrado et des campo ; viennent ensuite le riz (qui est le plus attaqué et subit beaucoup de pertes), puis la canne à sucre, le maïs, le sorgho, les pâturages et enfin, le soja et les haricots.

Finalement, les premières études que nous avons réalisées, en octobre et novembre 1992, nous ont montré que l'habitat du *Rhammatocerus schistocercoides* est, sans conteste, constitué par certaines formations de cerrado ou de campo cerrado sur sol sableux (LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992). L'espèce apparaît absente des zones forestières denses (mata, cerradão) ainsi que des zones humides au voisinage des mares et des prairies inondables ("várzeas"). Elle est également absente, rare et uniquement représentée par des imagos isolés, dans les zones de cerrado à sol latéritique, apparemment impropres à la ponte.

Toutes les bandes larvaires que nous avons pu observer étaient situées dans les zones de cerrado à sol sableux. Les milieux hétérogènes, à mosaïque de sol sableux et de sol latéritique, ne présentaient des populations larvaires qu'en faible densité.

Les vastes zones de cultures industrielles n'abritaient pas de populations de criquets. Ces zones sont vraisemblablement peu propices à la reproduction dont la période correspond également à celle des labours, ce qui a vraisemblablement pour conséquence de détruire les éventuelles pontes déposées dans ces zones. Par ailleurs, la plupart des cultures pratiquées sont en général (sans doute à l'exception du riz) moins appréciées par l'espèce que les graminées sauvages du cerrado.

En conclusion, si *Rhammatocerus schistocercoides* apparaît bien comme un acridien du cerrado, seules des études ultérieures plus complètes permettront de préciser les véritables exigences écologiques de l'espèce.

8. IMPORTANCE ECONOMIQUE

8.1. Origine des pullulations

L'apparition massive, à partir de 1984, de *Rhammatocerus schistocercoides*, espèce pratiquement inconnue, dans de nombreux endroits du Mato Grosso a donné naissance à plusieurs hypothèses quant à l'origine de cette espèce (CARBONELL, 1988a).

Souvent, il a été suggéré qu'il s'agissait d'une espèce migratrice arrivée par vol d'une région plus ou moins lointaine, comme ce fut le cas dans le passé avec les essaims de *Schistocerca cancellata* (SERVILLE, 1838). Ces criquets envahissaient périodiquement à partir de l'Argentine, le territoire brésilien, atteignant surtout les états du sud, mais touchant parfois le Minas Gerais et Espírito Santo.

En réalité, il est apparu rapidement que la cause de ces récentes "invasions" de *Rhammatocerus schistocercoides* dans diverses zones du Mato Grosso et du Rondônia ne devait pas être recherchée dans des migrations de populations de criquets d'origine plus ou moins lointaine, mais que l'espèce incriminée faisait bien partie de la faune autochtone de la région.

Pour CARBONELL (1988a), les renseignements que l'on possède sur l'origine des exemplaires de *Rhammatocerus schistocercoides* collectés à des époques antérieures à celle des récentes "invasions" (exemplaires collectés en 1906, 1911, 1953, 1961) indiquent que cette espèce existe en permanence dans tout le centre et le sud du Mato Grosso.

D'autres sources viennent conforter et l'origine locale des pullulations et le caractère ancien du phénomène. CABEZA DE VACA, explorateur espagnol du 16^e siècle, signalait déjà des pullulations de criquets en 1547 dans une région qui pourrait être le Mato Grosso. Le Maréchal RONDON, dans ses relations de voyage au Mato Grosso, signale également des nuages de criquets³. Lors de voyages au Mato Grosso effectués en 1908 et 1914, HOECHNE (1951) note que l'agriculture est impossible sur la Chapada dos Parecis à cause de la nature des sols, mais également parce que c'est une zone de pullulations permanentes de Criquets. ROQUETTE-PINTO (1975), à propos d'un voyage effectué en 1912 sur la Chapada dos Parecis note que, toujours, lors de la traversée des zones de chapada à sols sableux, les criquets emplissaient le ciel et rendaient la marche difficile. Pour McCULLOCH (1986b), des informations obtenues de diverses sources suggèrent que de fortes pullulations se produisent dans la région avec une périodicité de l'ordre de 5 à 7 ans.

Tout ceci renforce l'idée d'une origine unique du fléau, à partir de populations originellement dispersées dans toute la zone affectée et laisse supposer que ces pullulations sont beaucoup plus anciennes qu'on ne semble le croire actuellement.

8.2. Historique des pullulations

La première relation des récentes pullulations de cette espèce de criquet a été effectuée en 1978, dans la vallée du Guaporé et la vallée du rio Papagaio, au sud-est du Mato Grosso. Il semble qu'ensuite les populations aient augmenté progressivement dans les réserves indigènes des Parecis et des Nhambiquara, jusqu'aux fortes pullulations de septembre 1984 (COSENZA *et al.*, 1990).

LAUNOIS (1984), signale que les indiens des réserves Parecis et Nhambiquara ont constaté une augmentation graduelle des criquets "tucuras" durant les années 1981 à 1983, sans pourtant en être victimes car ils ne cultivent que du manioc, plante non appréciée en temps normal par cet acridien plutôt graminivore (Anonyme, 1984 ; LAUNOIS, 1984).

D'autres sources (Anonyme, 1984 ; Anonyme, 1987i ; ZÄHLER, 1987) signalent que les pullulations sont originaires de la réserve indigène des Parecis, dans la zone du Rio Papagaio qui traverse cette réserve du sud au nord.

CURTI et BRITTO (1987) rapportent également que l'invasion de 1984 est partie d'une zone d'environ 1 million d'hectares (10 000 km²), au niveau de la réserve indigène des Parecis et des Nhambiquaras (Fig. 12).

³ Rien ne permet évidemment d'affirmer qu'il s'agit bien de *Rhammatocerus schistocercoides*.

Les premières pullulations importantes ont finalement été signalées en septembre 1984 (LAUNOIS, 1984 ; COSENZA *et al.*, 1990). "*Les essaims de criquets sortaient sans discontinuer de la réserve des indiens Parecis et ravageaient les plantations en quelques heures*". Selon COSENZA *et al.*, 1990, le degré d'infestation était par endroit de 80 criquets par mètre carré avant traitement.

Les criquets ont d'abord envahi les cultures de canne à sucre au voisinage de la réserve, puis ont continué à se déplacer vers l'est, atteignant les plantations et les pâturages des communes de Tangará da Serra, Barra do Bugres, Denise, Diamantino, Nobres et Sorriso (COSENZA *et al.*, 1990).

En décembre 1984, on a observé des bandes de larves dispersées sur une superficie d'environ 6 millions d'hectares, larves provenant des pontes déposées par les essaims au cours de leurs migrations vers le mois de septembre (CURTI et BRITTO, 1987) (Fig. 12 et 13).

Les populations se sont dispersées essentiellement vers l'est, mais il y a eu également un petit mouvement vers l'ouest et les insectes ont atteint Vilhena au Rondônia, mais la forêt et les montagnes les ont empêché d'aller plus loin (Anonyme, 1987i).

En 1985, les populations de criquets ont continué à se déplacer vers l'est, atteignant les communes de Paranatinga et Nova Brazilândia (COSENZA *et al.*, 1990) et la superficie contaminée était estimée à 15 millions d'hectares. Les criquets menaçant particulièrement les communes de Canarana, Água Boa, Xavantina et Barra do Garças où les cultures de riz étaient les plus importantes et avaient crû au cours des dernières années (Anonyme, 1986a ; COSENZA, 1985 ; CURTI et BRITTO, 1987) (Fig. 12 et 13).

En 1986, les criquets ont atteint la vallée du fleuve Araguaia, dans les communes de São Felix do Araguaia et de Agua Boa, où cependant aucune reproduction n'a été observée (COSENZA *et al.*, 1990). En février 1986, on a atteint 20 millions d'hectares infestés par des larves entre les 12° et 16° S (CURTI et BRITTO, 1987) (Fig. 12 et 13).

En 1987, la zone contaminée a été évaluée à environ 8 millions d'hectares (CURTI et BRITTO, 1987) (Fig. 13). DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988) signalent des essaims de plusieurs kilomètres de longs sur la Chapada dos Parecis entre juillet et septembre 1987.

Chaque année, de 1984 à 1987, les surfaces concernées ont ainsi augmenté et les essaims ont semblé menacer l'état voisin de Goiás, mais sans jamais y parvenir. L'espèce semble être restée confinée à l'intérieur de son aire traditionnelle d'habitat. Succès des opérations de lutte ou limite écologique naturelle, il est actuellement impossible de répondre.

A partir de 1988, l'intensité des pullulations semble avoir diminué, pour connaître une recrudescence progressive. 1989 semble avoir été calme, le niveau des populations augmentant progressivement en 1990, 1991 et 1992 aux dires de divers propriétaires interrogés (LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992). En 1991, les régions de Sete Placas, Matrinchan, Estrada da Gaúcha Norte (à 80 km au nord de Paranatinga) ont été gravement attaquées (MANFIO, 1991). De nombreuses bandes larvaires ont été observées. Les agriculteurs ont manifesté leur inquiétude devant cette nouvelle augmentation des populations de criquets, surtout en relation avec l'augmentation des surfaces plantées en riz (en augmentation de 30 % par rapport à 1990, dans cette région).

Fin 1992, le niveau des infestations larvaires a paru suffisant pour que l'alarme soit de nouveau donnée (JOHN, 1992 ; Anonyme, 1992c) et que des opérations de traitements soient engagées (Anonyme, 1992b ; Anonyme, 1993b ; SOAREZ, 1993 ; ALMEIDA, 1993 ; Anonyme, 1993b).

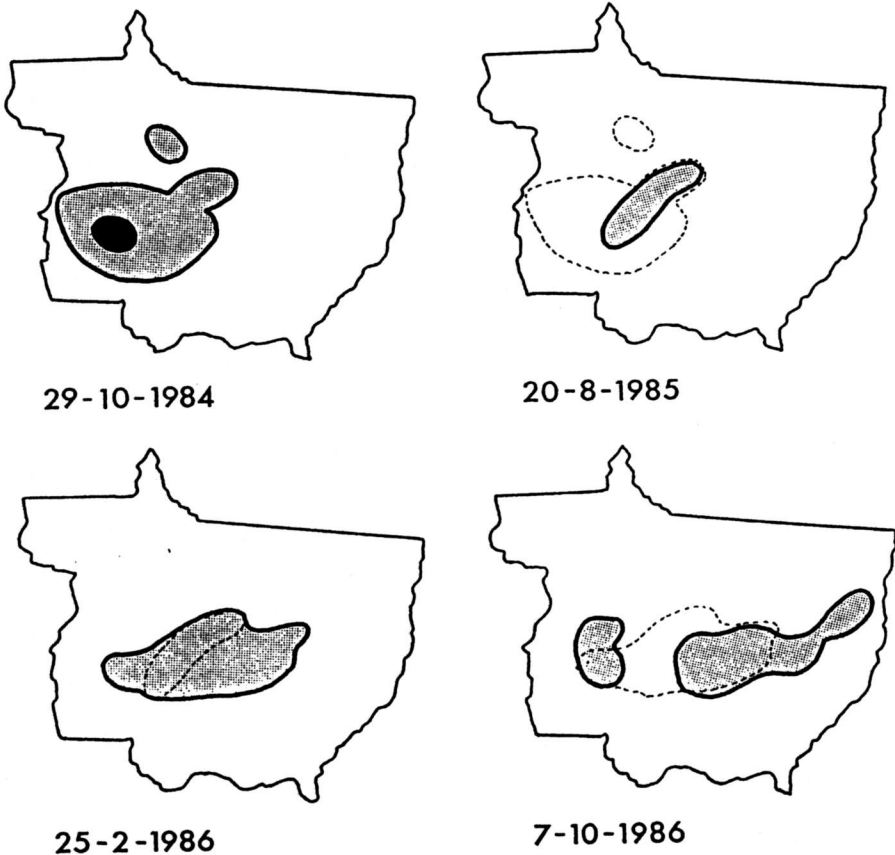


Fig. 12. — Déroulement de l'invasion de *Rhammatocerus schistocercoides* dans l'état du Mato Grosso, entre 1984 et 1986 (d'après Anonyme, 1986a).

Zones grises : zones de pullulation ; zone noire : zone considérée comme zone d'origine de l'invasion.

Millions
d'hectares

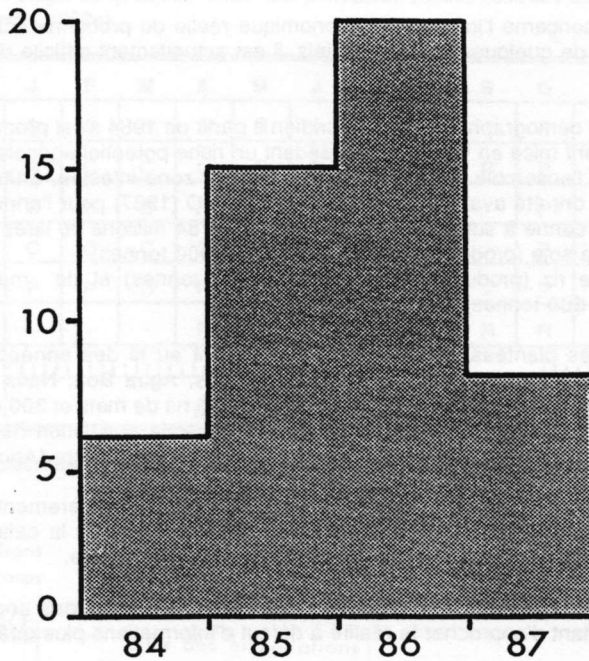


Fig. 13. — Évolution des superficies infestées par *Rhammatocerus schistocercoides* dans l'état du Mato Grosso, entre 1984 et 1987 (d'après CURTI et BRITTO, 1987).

8.3. Dégâts aux cultures et plantes attaquées

Globalement, du fait de la phénologie des cultures (Tableau IV), ces dernières sont surtout menacées par les bandes larvaires pendant la saison des pluies, alors que les pâturages, les jeunes plantations de canne à sucre et les cultures irriguées peuvent être attaquées pendant la saison sèche par les essaims.

Concernant les plantes attaquées, *Rhammatocerus schistocercoides* préfère tout d'abord, ainsi que nous l'avons vu plus haut, les graminées naturelles des zones de cerrado et de campo. Viennent ensuite le riz (qui est le plus attaqué et subit beaucoup de pertes), puis la canne à sucre, le maïs, le sorgho, les pâturages et enfin, le soja et les haricots.

En ce qui concerne l'importance économique réelle du problème acridien au Mato Grosso, au delà de quelques chiffres partiels, il est actuellement difficile d'avoir une vue précise.

L'explosion démographique de cet acridien à partir de 1984 s'est produite dans une zone nouvellement mise en valeur et possédant un riche potentiel agricole (cf. Fig. 12 et Tableau V, pour l'ensemble du Mato Grosso). Pour la zone infestée, à titre indicatif, les chiffres suivants ont été avancés par CURTI et BRITTO (1987) pour l'année 1984 :

- 15 000 ha de canne à sucre (production potentielle 84 millions de litres d'alcool) ;
- 300 000 ha de soja (production potentielle de 600 000 tonnes) ;
- 50 000 ha de riz (production potentielle 75 000 tonnes) et de maïs (production potentielle 22 500 tonnes).

Les surfaces plantées ont augmenté rapidement au fil des années. En 1986/87, uniquement dans les communes de Barra do Garças, Água Boa, Nova Xavantina les surfaces plantées étaient de 700 000 ha de riz, 350 000 ha de maïs et 300 000 ha de soja (CURTI et BRITTO, 1987). Globalement, dans la zone de pullulation des criquets, il y aurait 1 million d'hectares de riz et 450.000 hectare de canne à sucre (Anonyme, 1987a).

Si l'on considère, de plus, que les pâturages sont particulièrement attaqués aux époques critiques (de septembre à novembre), on peut imaginer la calamité que peut représenter une infestation acridienne généralisée et non contrôlée.

Quelques faits peuvent être rapportés. Leur caractère est certes anecdotique mais il permet cependant d'approcher la réalité à défaut d'informations plus quantifiées et plus globales.

En 1986, 2,5 millions de dollars ont été dépensés pour les opérations de lutte, ce qui aurait évité des pertes de l'ordre de 500 millions de dollars à la production agricole du Mato Grosso (Anonyme, 1987a).

Eli Antonio BRIZOLA, propriétaire de la Fazenda Soledade, a perdu 80 de ses 250 hectares de canne à cause des criquets (OLIVEIRA, 1987).

La culture de riz dans la région est remise en question ; c'est en effet la culture la plus attaquée par les criquets après les pâturages (SANTOS, 1987). Selon Alviar ROTHER, président de la Coopérative agricole des producteurs de canne de Diamantino, les dégâts sur les champs de riz, maïs et soja ont représenté une perte de 700 000 sacs de grains (SANTOS, 1987). L'auteur signale qu'en l'absence de traitement les pullulations pourraient augmenter et décourager certains producteurs de planter du riz, beaucoup ayant des difficultés à protéger efficacement leurs cultures du fait d'une situation financière précaire et de l'inflation.

Les pâturages sont également attaqués par les criquets au point de mettre en péril les troupeaux. SANTOS (l.c.) rapporte que certains fazendeiros ont été obligés, à cause des criquets, de passer de 1,5 à 0,7 tête de bétail par hectare.

TABEAU IV. — Phénologie de quelques unes des principales plantes cultivées au Mato Grosso (d'après Anonyme, 1992e).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Riz	C	C	R	R	R	-	-	-	-	P	P	P
Canne à sucre	P	C	C	C	R	R	R	R	R	P	P	P
Mais	C	C	C	R	R	R	-	-	-	P	P	P
Soja	C	C	C	R	R	-	-	-	-	P	P	P
Sorgho	P	P	C	R	R	-	-	-	-	P	P	C
Blé irrigué	-	-	-	P	P	C	C	R	R	R	-	-
Larves	LLLLLLLLLLLLLLLL L L LLLLLLLLLLLLLL											
Imagos	|||||											

P, plantation ; C, croissance ; R, récolte ; périodes de présence des bandes larvaires (L) et des essaims (I)

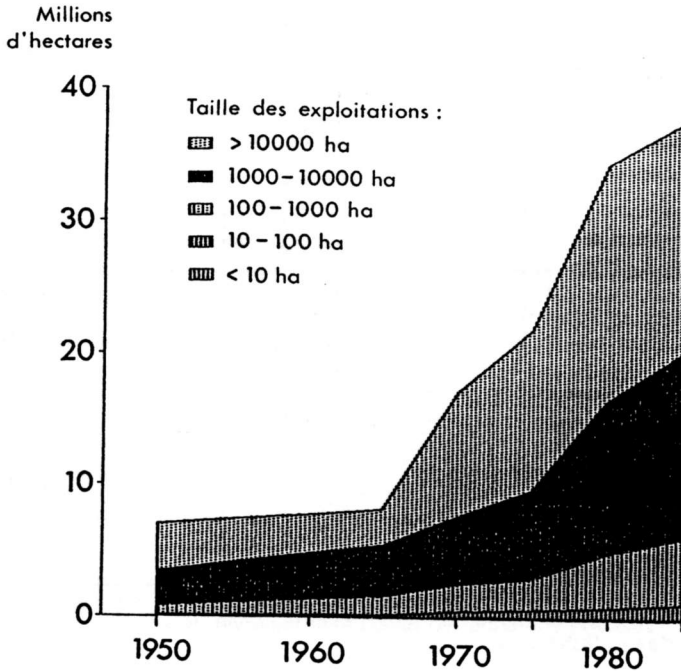


Fig. 14. — Évolution de l'occupation des terres au Mato Grosso entre 1950 et 1985 (d'après IBGE, 1991). Surfaces exploitées en millions d'hectares.

TABEAU V. — Type d'exploitation des terres agricoles au Mato Grosso en 1980 et 1985 (d'après IBGE, 1991). Superficies en hectares.

	1980	1985
AGRICULTURE	9 361 647	9 252 531
Riz	5 899 239	3 789 545
Soja	182 638	2 960 463
Maïs	511 516	619 526
Café	455 366	595 967
Autres temporaires	912 449	351 863
Manioc	135 856	214 172
Autres permanents	550 927	211 572
Banane	162 327	200 839
Haricot	422 112	107 423
Canne à sucre	20 566	95 500
Coton	6 130	44 725
Cacao	90	19 217
Agrumes	10 597	18 526
Cajou	722	14 172
Ananas	4 428	3 110
Tomate	1 121	2 805
Pomme de terre	0	599
Poivre	23 677	496
Tabac	947	447
Blé	0	198
Arachide	59 575	188
Coco	629	145
Ricin	30	15
Oignon	0	7
ELEVAGE	23 327 910	27 762 852
Bovins	22 247 971	27 077 886
Porcins	954 449	506 008
Ovins	18 103	22 126
Autres	108 386	156 830
Hortic./floric.	2 999	4 820
Sylviculture	49 252	74 238
Aviculture	395 155	129 969
Cunic./apic./séric.	0	2 886
Exploit. du bois	1 416 584	609 364

8.4. Cause des pullulations

Comme pour beaucoup d'espèces acridiennes, les causes des pullulations peuvent être recherchées soit dans l'action de certains facteurs météorologiques, soit dans l'influence des actions anthropiques sur l'environnement. La colonisation agricole récente du Mato Grosso et le déboisement ont, en particulier, été fréquemment évoqués.

8.4.1. Les facteurs climatiques

LAUNOIS, dès 1984, considère que les pullulations récentes de *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso sont probablement locales et liées davantage à des conditions éco-météorologiques favorables (plusieurs années consécutives de pluviosité particulièrement propices à ce criquet ; intensité, répartition dans le temps et dans l'espace). Il ne croit pas à l'action d'une perturbation de l'environnement qui aurait empêché les ennemis naturels de jouer leur rôle comme l'auraient affirmé, selon lui, certains écologistes sur des bases plus émotionnelles que scientifiques (LAUNOIS, 1984).

LAUNOIS (l.c.) suggère de reprendre l'étude des causes de pullulation de *Rhammatocerus schistocercoides* à partir de l'étude dynamique des cartes de lignes isohyètes mensuelles de 1979 à 1984 sur l'ensemble du Mato Grosso, et des champs de vent à basse altitude (5 à 20 m) dans les mêmes régions, pour tenter de comprendre le mécanisme de déclenchement des invasions et de propagation des essaims d'ailés.

DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988) supposent également que les pullulations résultent de la conjonction de circonstances éco-météorologiques favorables sur des surfaces importantes.

Selon CARBONELL (1988a), quelques observations réalisées en Uruguay indiquent que de grandes augmentations de population ont lieu après une succession d'étés secs, mais que l'on ne sait pas si ces faits sont valables pour le Mato Grosso.

COSENZA (Anonyme, 1984) ne croit pas que les pullulations aient été provoquées par le déboisement et l'accroissement de l'implantation agricole dans la région. Pour lui les pullulations sont originaires de la réserve des Parecis où les criquets se sont multipliés à la faveur de conditions climatiques favorables et où ils n'ont pas été combattus par les indiens.

COSENZA *et al.* (1990) notent qu'à partir de 1980 une diminution des pluies a été observée au Mato Grosso avec intercalation de période de sécheresse entre les pluies, ce qui aurait stimulé la multiplication de *R. schistocercoides*. Ces auteurs s'appuient sur des observations effectuées aux Etats-Unis (NERNEY et HAMILTON, 1969) où les populations de criquets en Arizona sont plus fortes durant les années de faibles pluies. COSENZA note également que les attaques de criquets dans le Minas Gerais en 1971-72 ont coïncidé avec des années de précipitations en dessous de la normale (in ZAHLER, 1987). Il paraît cependant difficile d'extrapoler au cas du *R. schistocercoides*, chaque espèce acridienne ayant en réalité son propre tempérament écologique et en particulier ses propres exigences vis-à-vis du facteur hydrique. La même réserve s'applique aux remarques de CARBONELL sur la succession d'étés secs. Enfin, l'étude des données pluviométriques de Cuiabá et de Diamantino ne révèle pas clairement une baisse significative des précipitations au cours de la période incriminée.

En conclusion, si des conditions météorologiques particulières ont pu favoriser les pullulations récentes de *R. schistocercoides*, ces conditions demeurent absolument inconnues à l'heure actuelle et devraient faire l'objet de recherches précises.

8.4.2. Les facteurs anthropiques

Les régions du Mato Grosso où se sont produites les pullulations de *Rhammatocerus schistocercoides* sont des zones de colonisation agricole récente. La région entre Cuiabá, au Mato Grosso et Vilhena, au Rondônia a connu au cours des 20 dernières années un processus de déboisement sans précédent au Brésil. Près de 30 à 40 % de la végétation naturelle aurait déjà été transformée en pâturages ou en cultures extensives de riz, maïs, canne à sucre, soja... (ALENCAR, 1987).

De nombreuses personnes ont naturellement tenté de présenter les pullulations comme une conséquence des diverses actions de l'homme sur l'environnement.

Les facteurs anthropiques ayant pu intervenir peuvent être regroupés en deux grandes catégories : ceux ayant entraîné la création de nouvelles surfaces favorables à la reproduction du criquet, d'une part, et ceux ayant entraîné un déséquilibre écologique et en particulier une diminution des ennemis naturels des criquets, d'autre part.

8.4.2.1. Le déboisement et la création de nouvelles zones propices à la reproduction

Dès 1983, des avertissements - généraux - ont été donnés par des chercheurs du CIRAD, concernant les conséquences des modifications de l'environnement actuellement en cours au Brésil sur les risques de pullulations acridiennes. Recul de la caatinga, augmentation des périmètres irrigués, introduction de nouvelles espèces végétales, diminution des prédateurs naturels des criquets... pourraient favoriser le développement rapide de certaines espèces (LAUNOIS, 1983 ; Anonyme, 1987g).

LAUNOIS (1984) envisage ainsi l'action favorable possible de nombreux facteurs d'origine anthropique :

- l'accroissement des aires anthropisées propres à assurer la reproduction de l'espèce (création de pâturages dans des régions anciennement boisées impropres à cet insecte) ;
- l'existence d'un effet d'oasis des plantations de canne à sucre et de riz irrigué ;
- l'existence d'un contraste de proximité favorable entre le cerrado, procurant abri et nourriture, et les terres labourées propices à la ponte ;
- la grande vulnérabilité des cultures qui se présentent pour le criquet comme les pièces d'une mosaïque "cultures-cerrado-mata" pouvant influencer ses déplacements à petite, moyenne et peut-être longue distance.

Pour McCULLOCH (1986b), on ne sait pas pourquoi le problème criquet est devenu récemment plus important au Mato Grosso, mais il est probable que le déboisement et les brûlis du cerrado ont compté parmi les facteurs favorables.

Pour DURANTON et LAUNOIS-LUONG (1988), qui ont étudié particulièrement les pullulations de *R. schistocercoides* dans le sud-est du Rondônia, la région de Vilhena - initialement couverte de cerrado (pseudo-steppes ou savanes arbustives ou arborées) et de forêts plus ou moins hautes et denses en fonction de la nature du sol - subit depuis un peu plus d'une dizaine d'années une vague de défrichement considérable. Durant l'hiver austral, le ciel est en permanence obscurci par les fumées provoquant une nébulosité chronique de l'ordre de 20 %. On estime qu'en moyenne 10 immigrants (originaire du Rio Grande do Sul pour l'essentiel) arrivent chaque jour à

Vilhena pour tenter leur chance sur ce front pionnier brésilien. Vingt pour cent des forêts du Rondônia auraient déjà disparu au profit de pâturages ou de cultures extensives de riz, de maïs, de soja ou de canne à sucre. Le phénomène qui atteint le Rondônia est beaucoup plus important au Mato Grosso où les surfaces cultivées sont plus étendues. De telles transformations de l'environnement ne se font pas sans entraîner de profondes modifications des équilibres écologiques ancestraux. *"Si de nombreuses espèces voient leurs espaces vitaux se réduire comme peaux de chagrin et sont menacées dans leur existence, d'autre au contraire s'avèrent "diaboliquement" préadaptées à la structure des nouveaux espaces qui leurs sont offerts. Rhammatocerus schistocercoides pourrait être au nombre de ces dernières".*

Selon CARBONELL (1988a), les pullulations récentes de *R. schistocercoides* résultent en grande partie de la destruction massive de la végétation naturelle et de son remplacement par des cultures, surtout de graminées comme la canne à sucre, le maïs et le sorgho ainsi que de graminées natives ou introduites. Ces graminées, dont l'expansion est favorisée dans le but d'implanter du bétail, se reproduisent en grande échelle quand la végétation arborée et arbustive naturelle est détruite. Les espèces du genre *Rhammatocerus*, comme la majorité des espèces de la sous-famille des *Gomphocerinae* à laquelle elles appartiennent, sont principalement ou exclusivement graminivores (GANGWERE et RONDEROS, 1975) et sont alors favorisées par la propagation et l'augmentation de ces graminées.

Il est donc certain que la colonisation agricole de ces régions du Mato Grosso a rapidement et profondément modifié le paysage. Les zones de monocultures intensives, en de nombreux endroits, occupent maintenant des superficies considérables. Les parcelles, comme celles de la fazenda Itamarati, font couramment plusieurs milliers ou plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Pendant la saison sèche, le sol nu, labouré, s'étend à perte de vue. Ce type d'agriculture modifie profondément l'écologie de la région et a d'ailleurs encouru de nombreuses critiques de la part de personnes reprochant à ces fazendeiros d'avoir une vue à très court terme et de chercher à s'enrichir le plus rapidement possible sans se soucier des conséquences à moyens et longs termes pour l'environnement (OLIVEIRA, 1987).

Cependant, en l'état actuel, il faut bien constater qu'aucune donnée sérieuse sur les conséquences du développement de l'agriculture sur les pullulations acridiennes n'existe. Ces conséquences peuvent être aussi bien positives que négatives pour les criquets.

Il y a par ailleurs une certaine contradiction à prétendre simultanément que le déboisement du cerrado est à l'origine des pullulations et que ces mêmes pullulations sont issues des zones non encore déboisées, en particulier celles situées dans les réserves indiennes.

En fait, il n'y a pas d'évidence que le déboisement du cerrado et son remplacement par des cultures ait favorisé le développement des pullulations (LECOQ et PIEROZZI Jr., 1992). Bien au contraire, les zones de cultures aménagées sont fréquemment des zones de grandes cultures industrielles qui apparaissent peu favorables à l'espèce du fait, en particulier, des labours et des traitements divers (apports d'engrais, herbicides, insecticides...).

Le problème criquet n'a certainement pas été créé par le déboisement. Il existait avant la mise en valeur du cerrado, sous l'influence vraisemblable de conditions

météorologiques. L'homme n'a fait qu'introduire des cultures dans les zones traditionnelles de pullulations acridiennes. Ce ne serait pas le criquet qui aurait atteint l'agriculture, mais l'agriculture qui aurait atteint le criquet.

Les mosaïques cultures/cerrado - incriminées par certains comme pouvant constituer une ambiance favorable - ne paraissent pas non plus spécialement propices au développement du criquet. Celui-ci ne trouve vraisemblablement des zones adaptées à sa reproduction que dans le cerrado. L'existence d'une mosaïque cultures/cerrado ne ferait qu'augmenter la probabilité de dégâts par les bandes larvaires par simple phénomène de proximité. Ces bandes, surtout celles de dernier stade, nomadisant localement, ont plus de chance de rencontrer des cultures (et d'y occasionner des dégâts) s'il existe une mosaïque fine de zones de cerrado et de zones de cultures. Cette probabilité d'attaque par phénomène de proximité est bien évidemment plus faible dans les zones de très grandes cultures qui ne peuvent être attaquées par les larves qu'en bordure (les dégâts par les essaims peuvent par contre les concerner plus largement) (LECOQ et PIEROZZI Jr., l.c.).

Un effet favorable du déboisement sur les pullulations pourrait avoir été provoqué par un phénomène de densation (concentration sur des zones favorables de surface limitée) par restriction des surfaces propices au développement de l'espèce (LECOQ et PIEROZZI Jr., l.c.). Les zones de cerrado se restreignant, les populations se seraient concentrées sur des superficies plus réduites, favorisant en cela un phénomène de densation puis un phénomène de grégarisation. Encore faut-il que ce phénomène existe.

8.4.2.2. Le déséquilibre écologique et l'élimination des ennemis naturels

Un autre facteur d'origine anthropique invoqué pour expliquer les pullulations acridiennes est l'apparition d'un déséquilibre écologique sous l'influence de l'homme et de l'extension de l'agriculture (Anonyme, 1986e ; PRIMI, 1986).

"Avant, les criquets vivaient en équilibre avec la nature. Aujourd'hui, avec le déboisement, les conditions écologiques changent. Il y a un déséquilibre naturel" (OLIVEIRA, 1987).

Selon les auteurs, la nature de ce déséquilibre est variable, pas toujours très claire, et jamais argumentée scientifiquement.

ZAHLER (1987) indique que l'élimination des ennemis naturels par les colons (oiseaux en particulier) est un facteur favorable à la reproduction des criquets. Cette élimination résulterait à la fois du déboisement en lui-même et de la chasse. Elle aurait provoqué un déséquilibre écologique et d'immenses dégâts à l'environnement (Anonyme, 1986d).

Pour LUTZEMBURGER (1992, à propos de pullulations acridiennes dans le Rio Grande do Sul ; mais la problématique est la même qu'au Mato Grosso), le criquet fait partie intégrante de la faune locale. C'est l'aliment des oiseaux (hérons garde-bœufs, émeus...) et d'autres animaux. Les pullulations sont le résultat, selon cet auteur, d'un déséquilibre ayant son origine dans l'action de l'homme. Les feux de brousse faciliteraient la reproduction des criquets. CURTI et BRITTO (1987) mettent également en cause les brûlis successifs visant à la création de nouvelles zones agricoles. Toujours pour LUTZEMBURGER (l.c.) le déboisement, la chasse auraient pour conséquence une

diminution du nombre des oiseaux prédateurs. "*Laissons les vivre et ils maintiendront à un niveau bas la population de criquets*". Selon LUZ (1992b), pour de nombreuses personnes, les criquets apparaissent lorsqu'un déséquilibre écologique est créé. Quand il y a un minimum d'équilibre, les ennemis naturels (oiseaux en particulier) viendraient à bout des pullulations qui se produisent normalement dans les pâturages.

L'utilisation, par les fazendeiros, d'insecticides chimiques à large spectre a également été incriminée dans la réduction des populations de prédateurs et de parasites des criquets (ZAHLER, 1987 ; CURTI et BRITTO, 1987). Selon HABIB (in Anonyme, 1987i), la pulvérisation d'insecticides à large spectre d'action est à l'origine de nombreux et sérieux problèmes d'environnement, ceux-ci faisant disparaître non seulement les criquets mais également leurs prédateurs naturels. Pour certains techniciens du Ministère de l'Agriculture, les pullulations auraient leur origine dans l'utilisation abusive de "l'agent orange", le Tordon, fabriqué au Brésil par Dow Quimical (Anonyme, 1986f).

Une autre hypothèse est que les indiens, avec la réduction de leur territoire de chasse suite à la création des fazendas, se sont mis à chasser les émeus et autres oiseaux prédateurs (OLIVEIRA, 1987). Selon CURTI, depuis que la FUNAI a distribué des fusils aux indiens, ceux-ci extermineraient les prédateurs naturels des criquets (Anonyme, 1986f).

Conclusions

De plus en plus, il apparaît que les pullulations de *Rhammatocerus schistocercoides* constituent un phénomène ancien, remontant au minimum à plusieurs centaines d'années, comme en témoignent plusieurs ouvrages consacrés à des relations de voyage au Mato Grosso.

Ces pullulations sont vraisemblablement liées à des conditions météorologiques particulières (qu'il conviendra de déterminer) et doivent constituer un phénomène relativement fréquent. Depuis très longtemps, années calmes et années avec pullulations doivent très certainement se succéder à un rythme relativement rapide.

En réalité, si le phénomène des pullulations est ancien, le problème "criquet" au Mato Grosso est récent et remonte au début du développement intensif de l'agriculture, dans les années 1978-1982. On a implanté des cultures dans les zones de pullulation habituelles du *Rhammatocerus schistocercoides*. Les essaims, apparaissant à partir d'avril, ont naturellement rencontré au cours de leur nomadisme de saison sèche les nouvelles zones cultivées et causé des dégâts, se rabattant préférentiellement sur les cultures rappelant le plus leur nourriture habituelle, c'est-à-dire les graminées, avec une préférence nettement marquée pour le riz.

Quelle a été et quelle est l'influence réelle sur les populations acridiennes des modifications de l'environnement survenues depuis une quinzaine d'années dans les états du Rondônia et du Mato Grosso ? Rien ne permet actuellement de répondre. Chacun a jusqu'à présent avancé des hypothèses en fonction de son expérience, de son tempérament voire de ses prises de position personnelles, mais aucune preuve en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses n'existe. Là encore il s'agit d'un domaine vierge à explorer.

9. STRATEGIES ET METHODES DE LUTTE

9.1. Rapide historique de la situation au Mato Grosso

Devant l'urgence de la situation, en 1984 et 1985, la lutte a tout d'abord été plus ou moins improvisée. La croissance rapide des populations de *Rhammatocerus schistocercoides*, les migrations importantes, la succession accélérée de passages d'essaims, ont fait que les agriculteurs n'ont pu protéger leurs cultures et ont demandé à l'Etat d'intervenir pour éviter un désastre (CURTI et BRITTO, 1987).

Des insecticides ont été distribués aux agriculteurs pour qu'ils puissent protéger leurs cultures contre les bandes larvaires (Anonyme, 1987i). Il a cependant été rapidement nécessaire de réaliser de nombreuses pulvérisations aériennes, les traitements terrestres n'ayant pu suffire à contenir les dégâts.

Rapidement, la lutte a été coordonnée à un échelon national. Le 22 janvier 1986, le Programme national de lutte contre les criquets a été créé par le Ministère de l'Agriculture. Ce programme a été rattaché au Secrétariat national de la protection des plantes ; y participent également l'EMBRAPA, l'EMBRATER, ainsi que les Secrétariats à l'agriculture et les Délégations fédérales de l'agriculture des états concernés. Ce programme est dédié à la lutte contre les criquets sur tout le territoire national brésilien et en particulier à la lutte contre *Schistocerca pallens* dans le Nordeste et *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso et au Rondônia.

Le gouvernement fédéral mit, à l'époque, à disposition de la lutte antiacridienne 36 millions de cruzeiros. Par ailleurs, la FAO apporta un soutien de l'ordre de 175 000 US\$ et organisa deux cours de formation à la lutte antiacridienne pour une cinquantaine de techniciens des secteurs public et privé. Le premier fut réalisé à Cuiabá (MT) et le second à Carpina près de Recife (PE). Deux consultants FAO ont également contribué, en collaboration avec les responsables brésiliens, à l'organisation des campagnes de lutte antiacridiennes au Mato Grosso : P. SYMMONS et L. McCULLOCH, respectivement, à l'époque, directeur et directeur technique de la "Plague Locust Commission" en Australie.

Ces consultants recommandèrent alors (FORNARI, 1986) :

- la limitation des traitements à la protection immédiate des cultures (foyers situés dans ou au voisinage des plantations), la plus grande partie des larves se trouvant dans les zones de pâturage et de cerrado ;
- la mise sur pied à Cuiabá d'un centre d'information ;
- l'utilisation de tous les moyens disponibles pour localiser les pullulations (équipes de lutte, agriculteurs, réseau de vulgarisation...) ;
- l'usage indispensable d'avions et d'hélicoptères pour le repérage et la pulvérisation d'insecticides de faible toxicité pour les personnes, le bétail et les cultures alimentaires ;
- l'utilisation intensive de moyens de communication de masse et des équipements radios publics et privés disponibles dans la zone.

Ils soulignèrent enfin que, dorénavant, le combat contre les criquets devrait être conduit, non plus de manière sporadique, mais sous une forme continue et systématique.

Le Programme national de lutte contre les criquets a permis l'élaboration d'une stratégie de lutte d'urgence plus efficace (même si, comme nous le verrons plus loin, cette stratégie doit évoluer). Il a à son actif, dans un contexte économique brésilien difficile, un

bilan très positif : réduction des zones de pullulation, protection des cultures dans les diverses zones de traitement, accroissement des connaissances sur le criquet.

Il semblerait cependant, selon MANFIO (1991), que la désactivation de ce Programme de lutte, à partir de 1989, au niveau de l'état du Mato Grosso, ait rendu possible l'augmentation récente des populations acridiennes. Il paraissait probable à cet auteur que, dans les deux années à venir, l'espèce risquait d'atteindre de nouveau un niveau d'invasion. MANFIO (l.c.) soulignait, par ailleurs, que cette désactivation du Programme de lutte antiacridienne avait modifié l'attitude des agriculteurs qui devaient désormais s'accommoder du problème criquet et le prendre en compte sans soutien de l'état. D'un autre côté, il mettait l'accent sur le fait que les pouvoirs publics ne peuvent délaissé un problème qui peut compromettre gravement des segments importants de l'agriculture du Mato Grosso.

Le soutien récent de la FAO devrait permettre au Programme de lutte de jouer de nouveau un rôle important, tout spécialement en contribuant à la définition de nouvelles stratégies de lutte plus respectueuses de l'environnement (Anonyme, 1993a, 1993b).

9.2. L'organisation de la surveillance et de la lutte

Dès 1986, McCULLOCH (1986a,b), en mission de consultation au Brésil pour le compte de la FAO, fournit des recommandations très complètes sur les différents aspects de la lutte contre *Rhammatocerus schistocercoides* :

- Définition des cibles,
- Méthode de contrôle aérien,
- Matériel de traitement à utiliser,
- Méthode de surveillance,
- Moyens de communication à mettre en œuvre,
- Structure d'un service d'information,
- Méthode de protection pour l'utilisation des insecticides,
- Organisation générale de la lutte,
- Structure pour un service de lutte antiacridienne.

Dans un premier temps, la stratégie qui a prévalu consistait à mettre l'accent sur le traitement contre les larves. L'époque la plus favorable aux traitements paraissant se situer peu après les éclosions, à partir du mois de novembre, quand les criquets sont petits (Anonyme, 1986c ; FORNARI, 1986 ; OLIVEIRA, 1987). Plusieurs arguments militent en faveur de cette stratégie. Les criquets sont alors dépourvus d'ailes, peu mobiles et ont cependant une taille suffisante pour être facilement repérés (Anonyme, 1986c). Les larves sont plus sensibles aux insecticides que les ailés et les doses à utiliser sont moindres. Les opérations de traitement devraient être globalement moins chères.

Il semble qu'un certain nombre de difficultés soient survenues et aient fait changer la priorité.

En effet, il est rapidement apparu aux agents du Ministère de l'Agriculture que la lutte contre les larves était très ardue, voire impossible. Les larves sont difficiles à localiser dans l'immensité du cerrado, aussi bien à pied que par voie aérienne (Anonyme, 1986e, OLIVEIRA, 1987). L'utilisation de chevaux, motos, bicyclettes, a été envisagée mais a paru difficile à mettre en œuvre. Ces difficultés de localisation s'ajoutent aux autres difficultés des traitements antiacridiens au Mato Grosso :

- Grande taille des infestations de criquets,
- Grandes surfaces concernées,
- Nombreuses grandes propriétés,
- Difficultés de déplacement,
- Manque de routes.

Finalement, COSENZA *et al.*, 1990 considèrent que l'époque la plus appropriée pour réaliser les traitements visant à réduire le niveau des populations de criquets se situe durant la période de présence des imagos, de mai à octobre, car les criquets forment alors des groupes plus grands ou des essaims migrants, facilitant leur repérage par prospection en hélicoptère. Comme ils occupent une superficie plus grande ils peuvent être combattus par pulvérisation aérienne en utilisant avion ou hélicoptère.

Pendant la période de présence des larves (novembre à avril), le mieux est de se contenter de réaliser une protection rapprochée des cultures. Il est difficile de lutter contre les bandes larvaires situées hors des cultures ; elles sont réparties dans toute la zone couverte de savanes (campo et cerrado) et peu faciles à localiser. En général, au moment de la mue imaginale, la plupart des récoltes sont faites. C'est alors le moment des contrôles aériens pour diminuer la population d'ailés.

Ces deux époques de traitements ont été définies dès 1987 par CURTI et BRITTO (1987) :

- lutte chimique par pulvérisations terrestres contre les larves (lutte curative essentiellement) ;
- lutte chimique par pulvérisations aériennes contre les ailés (lutte préventive essentiellement).

Nous empruntons à ces deux auteurs la description de ces deux phases de la lutte contre *Rhammatocerus schistocercoides*.

1. Phase de traitement contre les larves :

Elle vise essentiellement à protéger les cultures. Des insecticides sont fréquemment distribués aux agriculteurs (principalement ceux cultivant du riz) à raison de 1 litre par hectare de culture, avec un maximum de 60 litres par agriculteur, pour que celui-ci puisse lutter contre les bandes larvaires signalées dans sa propriété. Les traitements sont généralement réalisés avec des pulvérisateurs motorisés à dos ou des pulvérisateurs tractés.

McCULLOCH (1986a) souligne que la surveillance et la lutte au sol peuvent être raisonnablement efficaces du fait de la longue période de temps pendant laquelle les bandes larvaires peuvent être traitées (en gros d'octobre à mars). Les problèmes résident essentiellement dans les difficultés de transport pendant la saison des pluies. Mais, d'un autre côté, il convient également de considérer que ces traitements terrestres contre les larves sont une bonne chose pour les agents de terrain charger de les réaliser et qui ont le sentiment de faire quelque chose d'utile. Par ailleurs, ces traitements terrestres stimulent la bonne volonté des propriétaires terriens dont le soutien est essentiel pour la réalisation de la phase suivante, à savoir la campagne de lutte contre les ailés.

2. Phase de traitements aériens contre les imagos

Cette phase est destinée, par une lutte contre les essaims, à diminuer le niveau des populations. Elle ne vise pas, sauf exception, à protéger les cultures qui sont généralement inexistantes pendant la saison sèche (Tableau IV). Elle constitue une mesure préventive visant, par une baisse du niveau des populations en saison sèche, à limiter le nombre d'individus capables de se reproduire et de donner naissance à des bandes larvaires au début de la saison des pluies suivante, lorsque les cultures feront de nouveau leur apparition.

Dès 1986, McCULLOCH considérait, d'après la description des bandes larvaires, qu'un contrôle aérien efficace sur les larves ne pourrait être praticable et que le principal effort de la campagne devrait porter sur les imagos.

De 1984 à 1986, le repérage des essaims a d'abord été réalisé par prospections terrestres, mais très rapidement des prospections aériennes par avion (9 avions IPANEMA équipés de 4 MICRONAIR AU 3 000) ont été entreprises.

Puis, en 1987, des hélicoptères agricoles (3 hélicoptères BELL G-47) ont été introduits pour le repérage des essaims en migration et leur traitement immédiat (en complément à des avions agricoles équipés de MICRONAIR AU 5 000). A partir de cette époque, des radios VHF et SSB ont également été utilisées pour faciliter les communications.

La méthode de prospection et de traitement simultanés utilisée peut être décrite de la manière suivante (CURTI et BRITTO, 1987) :

- Délimitation sur carte des zones à prospector chaque jour.
- Détermination des points de ravitaillement des aéronefs.
- Vol de prospection réalisé à l'altitude de 5 à 10 m et à une vitesse de 50 mph, par un ingénieur agronome entraîné qui, à bord de l'aéronef, détermine la direction du vol en fonction des caractéristiques de la végétation (indiquant la probabilité de rencontrer des essaims en migration). Un écart de 1 000 m environ est respecté entre chaque direction de vol.
- Localisation des essaims. Elle est bien plus facile à réaliser par hélicoptère quand un agronome accompagne le pilote. Le coût supérieur de l'heure de vol est compensé par les économies d'insecticides réalisées, les pulvérisations étant plus localisées.
- Après repérage d'un essaim, estimation de la superficie infestée et de la densité de la population.
- Réalisation de la pulvérisation d'une hauteur de 5 m au dessus de l'essaim, en bandes de 50 m de large.

- Le travail de prospection aérienne débute de préférence après 8 h du matin, période où les essaims commencent à se déplacer. Ces déplacements s'intensifient aux heures les plus chaudes de la journée, ce qui facilite alors le repérage. La prospection doit cependant être suspendue quand la vitesse du vent atteint un niveau supérieur à 10 km/h, et la pulvérisation ne doit pas être réalisée si la température dépasse 35°C et si l'humidité relative est inférieure à 30 %.

Selon les auteurs, cette méthode de prospection possède un excellent rendement. On peut atteindre, par hélicoptère, l'équivalent du rendement de 15 véhicules type Toyota.

A titre indicatif, le Tableau VI fournit des informations sur les traitements aériens réalisés pendant les années de forte invasion, de 1984 à 1987, au Mato Grosso. Globalement, pour 1986/87, CURTI et BRITTO (1987) signalent qu'au Mato Grosso 107 000 hectares ont été traités avec 52 000 litres de malathion CE et 21 000 litres de fénitrothion PM. Pour la même période, au Rondônia, ont été traités 1 875 hectares avec 1 500 litres de malathion CE.

L'organisation des opérations de lutte antiacridienne au Mato Grosso a eu des effets bénéfiques certains, en particulier en réduisant les zones de pullulation et en protégeant les cultures dans les diverses zones de traitement.

Cependant, si dès 1987, Cleomar José da COSTA, responsable des opérations de lutte au Mato Grosso, déclarait que d'ici à 3 ans la population de criquets serait réduite à un niveau acceptable, et que d'ici là, il n'y aurait pas d'autre solution que les pulvérisations, il soulignait également que, même ainsi, les criquets ne pourraient tous être éliminés et qu'il faudrait continuer à vivre avec (OLIVEIRA, 1987).

Les événements récents semblent lui avoir donné raison. En 1993, les criquets sont toujours là. En fait, il l'ont vraisemblablement toujours été (mais dans le passé, sans agriculture, il n'y avait pas de problèmes) et ils continueront pour longtemps d'occuper le terrain (leur habitat naturel traditionnel), des périodes de pullulations succédant à des périodes de calme au gré des fluctuations des conditions environnementales.

Il convient donc au plus vite de développer une stratégie continue de lutte préventive qui doit s'appuyer sur une surveillance régulière du niveau des populations. Dès 1986, McCULLOCH (1986b) soulignait que non seulement la surveillance fait partie intégrante des opérations de lutte, mais qu'elle est indispensable. On peut ajouter qu'elle est à la base de toute stratégie rationnelle de lutte intégrée.

TABEAU VI. — Résultats des campagnes de traitements aériens au Mato Grosso de 1984 à 1988 (d'après CURTI et BRITTO, 1987 et divers).

	1984	1986	1987	1988 (au 12/9)
Zone infestée (ha)	1 000 000	20 000 000	20 000 000	-
Zone traitée (ha)	100 000	245 000	99 350	71 311
Zone prospectée (ha)	-	-	8 445 823	3 208 430
Insecticides (l) • Féntrothion UBV • Malathion UBV	50 000 -	67 310 20 400	26 591 10 750	21 887
Heures de vol • Avion • Hélicoptère	500 -	835 -	215 1 018	200 581
Techniciens	-	26	36	-
Nombres d'essaims traités	-	-	2 027	2 525
Densité moyenne (nbre criquets/m ²)	-	10	120	-
Superficie moyenne des essaims (ha)	-	100	49	28
Coût de la campagne (US \$)	1 710 462	1 189 487	1 146 262	-

(-) absence de données ; données de l'année 1985 non disponibles dans le document de CURTI & BRITTO.

9.3. Les Insecticides utilisés

Les deux insecticides retenus actuellement pour la lutte contre le criquet ravageur du Mato Grosso sont le féntrothion et le malathion, deux produits classiquement utilisés de longue date en lutte antiacridienne dans de nombreuses régions du monde.

Les données suivantes sont issus des essais réalisés depuis une dizaine d'années par COSENZA *et al.* (1990).

Des essais de pulvérisation aérienne, réalisés en 1984 sur des populations imaginaires de *Rhammatocerus schistocercoides*, ont montré que le féntrothion et le malathion étaient les plus efficaces contre les imagos, provoquant une mortalité supérieure à 95 % de la population traitée (COSENZA *et al.*, l.c.).

Dans les tests réalisés en 1986 et 1987 par ces mêmes auteurs, le féntrothion dilué dans de l'huile de coton, à la dose de 150 g m.a. par hectare provoque une mortalité de 95 % A la dose de 200 g m.a. par hectare la mortalité est de 98 % (COSENZA *et al.*, l.c.).

Quand le fénitrothion est dilué dans de l'huile de coton, il a une action plus rapide : 5 heures après le traitement, pratiquement toute la population de criquets est déjà morte, alors que sans huile de coton cette mortalité n'est atteinte qu'au bout de 12 heures. Ceci résulte probablement d'une pénétration plus rapide du produit dans l'organisme à travers la cuticule.

Cinq heures après traitement, le malathion CE à la dose de 800 g m.a. par hectare provoque une mortalité de 98 % de la population imaginale traitée. Avec le même produit, à la dose de 500 g m.a. par hectare, la mortalité est inférieure à 50 %.

Pour les larves de stade 4 et 5 (dernier et avant dernier stade dans la nomenclature de COSENZA *et al.*), des traitements réalisés avec un pulvérisateur motorisé à dos ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre l'efficacité du fénitrothion CE à 150 g m.a. par hectare, le fénitrothion PM à 200 g m.a. par hectare, le malathion CE à 400 g m.a. par hectare et le fenvalérate à 40 g m.a. par hectare.

La dose de 40 g m.a. par hectare pour le fenvalérate est le double de la dose recommandée pour le traitement des chenilles, ce qui rend probablement cet insecticide non rentable pour le traitement des criquets.

Le fenvalérate et l'esfenvalérate provoquent une réaction semblable à celle d'autres pyréthrinoides déjà testées : peu après la pulvérisation, il y a une action de choc très forte et les criquets sont trouvés, dans leur grande majorité, se contorsionnant sur le sol, mais après une douzaine d'heures, une grande partie récupère et revient à une activité normale.

En conclusion, pour COSENZA *et al.*, 1990 :

1. La dilution du fénitrothion dans l'huile de coton augmente son efficacité et sa rapidité d'action.
2. Le fénitrothion dilué dans de l'huile de coton à la dose de 200 g m.a./hect. et le malathion à la dose de 800 g m.a. par ha. sont efficaces pour lutter contre les imagos de *Rhammatocerus schistocercoides* en traitements aériens.
3. Les insecticides les plus efficaces pour le traitement des larves sont le fénitrothion à 150 g m.a. par ha. et le malathion à 400 g m.a. par ha., en pulvérisations terrestres.

TABLEAU VII. — Efficacité de divers insecticides sur les imagos de *Rhammatocerus schistocercoides* (en pourcentage de criquets morts par mètre carré) (d'après COSENZA *et al.* 1990).

INSECTICIDE	Dose g m.a./ha	Mortalité (%)
Fénitrothion + huile de coton	150	95
Fénitrothion + huile de coton	200	98
Malathion	800	98
Malathion	500	47

TABEAU VIII. — Efficacité de divers insecticides sur des larves de 4^e et 5^e stades de *Rhammatocerus schistocercoides* (en pourcentage de criquets morts par mètre carré) (d'après COSENZA *et al.*, 1990).

INSECTICIDE	Dose g m.a./ha	Mortalité (%)
Fénitrothion CE	150	100,0
Fénitrothion PM	200	98,7
Malathion CE	400	92,6
Malathion + huile végétale (*)	400	83,3
Carbaryl FP	450	85,3
Fenvalérate CE	40	94,0
Esfenvalérate CE	6,5	50,0
Esfenvalérate CE	12	50,0
Fenvalérate CE	20	10,0

CE concentré émulsifiable

PM poudre mouillable

FP "floculable powder"

(*) mélange d'huile de coton et d'huile de ricin

TABEAU IX. — Fiche technique résumée du fénitrothion (d'après MacCUAIG, 1983).

MATIERE ACTIVE

FENITROTHION

NOMS CHIMIQUES

0,0-diméthyl 0-4-nitro-m-toluyI phosphorothioate (IUPAC)

0,0-diméthyl 0-(3-méthyl-4-nitrophényl) phosphorothioate (CA)

0,0-diméthyl 0-(3-méthyl-4-nitrophényl) thiophosphate

NOM COMMERCIAUX Sumithion, Folithion, Accothion, Agrothion, Novathion.

FAMILLE CHIMIQUE

ORGANOPHOSPHORE

FORMULE BRUTE

$C_9H_{12}NO_3PS$

MODE D'ACTION

Contact, ingestion, inhalation.
Inhibiteur de la cholinestérase.

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

- Liquide brun jaunâtre
- Point d'ébullition : 118 à 0.01 mm Hg
- Pression de vapeur : 6×10^{-6} mm Hg à 20°C
- Densité : 1.32 - 1.34
- Viscosité : 21 cP à 30°C
- Solubilité : 4 % dans le kérosène, légèrement soluble dans les hydrocarbures aliphatiques, insoluble dans l'eau ; miscible avec les alcools, les éthers et les hydrocarbures aromatiques de faible point d'ébullition.
- Stabilité : dans les emballages d'origine les formulations concentrées peuvent être stockées plusieurs années sans perte d'efficacité.

TOXICITE

Criquets, DL50 Criquet pèlerin ailé par contact en µg/g	5,6
Abeilles	hautement toxique
Poissons	modérément toxique
Oiseaux	modérément à hautement toxique
Mammifères	peu à modérément toxique
DL50 Rat dermique en mg/kg	1 300
DL50 Rat orale en mg/kg	570 - 740

L'adjonction de fénitrothion à raison de 100 mg/kg de poids à des vaches lactantes pendant 60-90 jours n'a pas affecté la production de lait.

ANTIDOTE

Sulfate d'atropine

FORMULATIONS

Applications	Produit com.	Teneur
Poudrage	DP Sumithion 3 à 5 %	30 à 50g/kg
Pulvérisation TBV	EC Sumithion 500	500g/l
Pulv. ULV terrestre UL	Sumithion 500	500g/l
Pulv. ULV aérienne UL	Sumithion 500-1000	500-1000g/l
Pulv. ULV	Microencapsulé	250g/l

REMANENCE 1 à 2 jours en milieu tropical

DOSE D'EMPLOI

La dose recommandée pour le criquet du Mato Grosso (150-200 g m.a./ha) est inférieure à celle utilisée pour d'autres espèces. A titre indicatif, la dose généralement recommandée pour les sauteriaux est de 250 g m.a./ha ; elle est de 350-500 g m.a./ha pour les locustes et les grosses espèces de sauteriaux.

REMARQUES

Produit de référence en lutte antiacridienne (par voie terrestre ou aérienne) contre les locustes et les sauteriaux.

Facilement absorbé par la peau. Eviter tout contact avec la peau, particulièrement quand on manipule les formulations fortement concentrées.

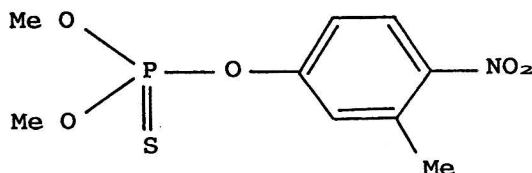
FORMULE

TABLEAU X. — Fiche technique résumée du malathion (d'après MacCUAIG, 1983).

MATIERE ACTIVE

MALATHION

NOMS CHIMIQUES

S-1,2-bis(éthoxycarbonyl)éthyl O,O-diméthyl phosphorodithioate (IUPAC)

diéthyl (diméthoxyphosphinothioyl)thiobutanedioate (CA)

S-[1,2-bis(éthoxycarbonyl)éthyl] O,O-diméthyl dithiophosphate

diéthyl (diméthoxyphosphinothioylthio)succinate

NOM COMMERCIAUX

Malathol, Malathion, Cythion, Fyfanon, Malméd, Calmathion, Sumitox, Zithiol, Malaphele

FAMILLE CHIMIQUE

ORGANOPHOSPHORE

FORMULE BRUTE $C_{10}H_{19}O_6PS_2$ **MODE D'ACTION**

Contact (peu par ingestion)

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

- Liquide jaune à brun foncé
- Point d'ébullition : 156-157 à 0.7 mm Hg
- Pression de vapeur : 4×10^{-4} mm Hg à 30°C
- Densité : 1.23 à 25 °C
- Viscosité : 37 cP à 25°C, 18 cP à 40°C
- Solubilité : légèrement soluble dans l'eau (145 ppm) ; solubilité limitée dans les huiles de pétrole mais miscible dans la plupart des solvants organiques.
- Stabilité : légère décomposition à l'ébullition ; rapidement hydrolysé à pH supérieur à 7.0 ou inférieur à 5.0, mais stable dans les solutions aqueuses tamponnées à pH 5.26. Réagit avec les métaux lourds, particulièrement le fer.

TOXICITE

Criquets, DL50 Criquet pèlerin ailé par contact en µg/g	31
Abeilles	hautement toxique
Poissons	hautement toxique
Oiseaux	peu toxique
Mammifères	peu toxique
DL50 Lapin dermique en mg/kg	4 100
DL50 Rat orale en mg/kg	1 378-2 800

L'adjonction, pendant deux années, de malathion dans la ration alimentaire de rats à raison de 100-5 000 mg/kg de ration, n'a provoqué aucun symptôme à part une baisse de l'activité de la cholinestérase.

ANTIDOTE

Sulfate d'atropine

FORMULATIONS**Applications**

Pulvérisation TBV
Pulv. ULV terrestre
Pulv. ULV aérienne

Produit com.

Malathion EC 500g/l
Malathion UL 500g/l
Malathion UL 500-1 000g/l

Teneur**REMANENCE**

courte < 1 jour (effet de choc)

DOSE D'EMPLOI

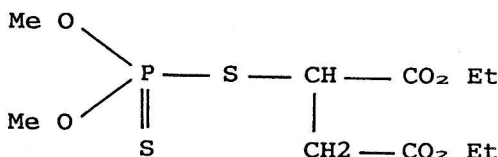
La dose recommandée pour le criquet du Mato Grosso (400-800 g m.a./ha) est inférieure à celles utilisées pour d'autres espèces. A titre indicatif, la dose généralement recommandée pour les sauteriaux est de 500 g m.a./ha ; elle est de 900-1 000 g m.a./hectare pour les locustes.

REMARQUES

Bonne action de choc sur les criquets mais pas de rémanence.

Très corrosif pour les caoutchoucs naturels, les peintures et certaines matières plastiques. Il est indispensable d'équiper le matériel de traitement de joints en téflon et de tuyauteries en polyéthylène.

FORMULE



9.4. La polémique sur les traitements

L'utilisation massive d'insecticides, depuis 1984, pour lutter contre *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso a entraîné une vive polémique entre les responsables des opérations de lutte d'une part, les "environnementalistes" et les défenseurs des indiens d'autre part.

9.4.1. La justification des méthodes de lutte chimique

Les personnes réalisant les opérations de lutte se justifient en disant qu'ils ne peuvent rester les bras croisés quand les essaims avancent vers la frontière de l'état de Goiás et que le préjudice pourrait alors être énorme (OLIVEIRA, 1987).

Leurs principaux arguments sont les suivants :

- les traitements sont indispensables pour éviter une catastrophe économique ;
- les pulvérisations d'insecticides constituent actuellement la seule méthode disponible ;
- les insecticides utilisés sont peu toxiques pour l'homme et l'environnement ;
- l'usage d'insecticide est un palliatif ; à terme il conviendra d'utiliser des méthodes plus "douces", du type lutte biologique, lutte écologique ou lutte intégrée.

En 1986, FORNARI soulignait déjà que si de nombreux obstacles rendent difficiles la lutte contre les criquets au Mato Grosso, les principaux sont surtout de nature économique et culturelle. Outre le coût élevé des opérations de lutte, l'un des gros problèmes à résoudre pour lutter contre les criquets réside dans une série de barrières de désinformation à vaincre, non seulement au niveau des agriculteurs non avertis mais également auprès de nombreuses personnes cultivées préoccupées par la préservation de l'environnement.

Selon les responsables des opérations de lutte, les pulvérisations sont un mal nécessaire. Elles ne sont pas effectuées d'une manière indiscriminée, mais en tenant compte de critères précis : seuils de traitements, localisation des pullulations, soucis de l'environnement...

Les techniciens du Ministère de l'Agriculture déclarent ainsi ne pulvériser ni sur les élevages, ni sur les bords des rios où il y a de la forêt puisque les criquets n'y pénètrent pas (OLIVEIRA, 1987).

Les traitements chimiques ne sont recommandés que si des dégâts sérieux aux cultures sont notés, ainsi que contre des concentrations importantes en dehors des zones cultivées (Anonyme, 1991d).

Un seuil de traitement est appliqué. Il est, selon l'EMBRAPA, de l'ordre de 8 criquets au mètre carré (Anonyme, 1992a)⁴.

Les produits utilisés sont de faible toxicité et ont un impact faible sur l'environnement. Les doses utilisées sont minimales (Anonyme, 1987a). Les responsables des traitements déclarent avoir vu des oiseaux manger des criquets tués par les insecticides sans présenter de troubles apparents. Ils n'auraient jamais rencontré d'oiseaux morts dans la nature après réalisation des traitements. Selon eux, il faut faire confiance au Ministère de la santé qui a autorisé les produits utilisés (OLIVEIRA, 1987).

9.4.2. La critique des traitements insecticides

Cependant, aussi bien la toxicité des insecticides, que les méthodes de traitements, leur ampleur, et le problème de pulvérisations éventuelles dans les réserves indiennes (considérées comme une source importante de populations de criquets) ont soulevé une polémique parfois vive. Jusqu'à la légalité de l'utilisation des insecticides utilisés a été contestée (LUTZEMBURGER, 1992 ; LUZ, 1992b).

L'ampleur des traitements effectués a de toute évidence été importante (Tableau VI). On pouvait lire dans la presse, en 1987, par exemple, qu'il était envisagé de dépenser, à l'époque, pour la campagne antiacridienne 1 500 heures de vol, 170 000 litres d'insecticide pour les traitements aériens, plus 30 tonnes d'insecticides (distribuées aux agriculteurs) pour les traitements terrestres (Anonyme, 1987i).

Rodrigo ALEIXO, professeur d'agronomie à l'Université Fédérale du MT s'est ainsi indigné que l'on distribue gratuitement insecticides et pulvérisateurs à dos aux agriculteurs, considérant que si ces derniers veulent produire avec une vue à court terme sans prendre en compte la nature, c'est à eux d'en payer les conséquences (OLIVEIRA, 1987).

Les méthodes de lutte ont également fait l'objet d'autres critiques. Certains ont considéré que la lutte pratiquée n'était ni une lutte préventive, ni même une lutte curative, mais une lutte palliative dans laquelle la situation échappe en fait largement au contrôle de l'homme *"qui fait ce qu'il peut pour limiter les dégâts"* (FEITOSA, 1987 ; Anonyme, 1989b). Les pulvérisations effectuées par avion ou hélicoptères, avec un coût élevé et une

⁴ Soit 80 000 criquets par hectare, ce qui représente un seuil de traitement vraiment très bas.

efficacité discutable, ont souvent été critiquées, certains considérant qu'ils risquaient d'aggraver le déséquilibre écologique à l'origine des pullulations (OLIVEIRA, 1987).

Par ailleurs, des doutes ont été émis sur l'efficacité de la lutte. Malgré les traitements, les surfaces infestées ont régulièrement augmenté chaque année entre 1984 et 1987. Selon certains, cela s'expliquerait par la dispersion des essaims, la difficulté à les localiser, le fait que 10 à 20 % des criquets localisés échappent au traitement (JOHN, 1987). Explications critiquées par LAUNOIS pour qui les problèmes sont liés à l'accent mis sur les campagnes de traitements aériens contre les ailés, alors qu'il faudrait, selon lui, d'abord penser à une lutte préventive par traitements terrestres contre les bandes larvaires plus sensibles aux insecticides (JOHN, l.c.).

La faible toxicité des insecticides utilisés n'a pas entièrement convaincu et de nombreuses personnes ont demandé plus d'information et de preuves. Selon certains, le fénitrothion, utilisé pour les traitements antiacridiens au Mato Grosso, n'est pas adapté aux conditions climatiques de la région et pourrait causer des préjudices à l'environnement, provoquant des modifications de la faune entomologique avec en conséquence une possible modification de l'équilibre entre populations de criquets et populations de leurs parasites et prédateurs naturels (Anonyme, 1987h ; FEITOSA, 1987).

Pour ZAHLER (1987), la mauvaise utilisation d'insecticides très toxiques, sans les conseils du Ministère de l'agriculture, peut provoquer la disparition d'ennemis naturels des criquets (diptères, guêpes, punaises prédatrices) et contribuer à l'apparition de pullulations d'une autre espèce du cerrado actuellement sous contrôle. On pourrait de plus, selon cet auteur, assister à l'apparition d'une résistance des criquets aux insecticides, rendant nécessaire l'application de doses chaque fois plus élevées, ou causer la mort des oiseaux domestiques et sauvages, car ces derniers se nourrissent des criquets morts à la suite des traitements insecticides. Toujours selon ZAHLER, le recours aux insecticides ne peut se justifier que comme une mesure d'urgence, à caractère provisoire. Il convient, de plus, d'informer les agriculteurs sur les méthodes de lutte, le niveau d'infestation qui justifie un traitement, le moment le plus opportun pour le réaliser, et éviter l'utilisation de "préparations maisons". Il semble que ce niveau d'information ne soit toujours pas atteint actuellement.

Selon Mohamed HABIB (in Anonyme, 1987i) la situation risque de s'aggraver car la pulvérisation d'insecticides de large spectre d'action provoque de sérieux problèmes à l'environnement, faisant disparaître non seulement les criquets mais également ses prédateurs naturels. Pour HABIB, l'agriculteur sort perdant de cette guerre, les insecticides ne parvenant pas à éradiquer les criquets. L'auteur préconise le recours à des méthodes de lutte biologique, mais considère qu'au sein même des méthodes de lutte chimique, le contrôle devrait être plus rationnel. Il propose l'utilisation, par exemple, d'appâts empoisonnés qui permettraient de réaliser des traitements plus ciblés et d'éviter de jeter de l'insecticide n'importe où, épargnant ainsi nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux.

Finalement, l'une des polémiques les plus importantes a été celle avec la FUNAI.

9.4.3. La polémique sur les traitements dans les réserves indiennes

L'invasion de *Rhammatocerus schistocercoides* étant considérée comme issue des réserves indiennes Parecis et Nhambiquara situées à l'ouest du Mato Grosso, les responsables des opérations de lutte ont très tôt souhaité réaliser des traitements dans ces réserves afin d'exterminer des populations acridiennes risquant de migrer vers les zones de cultures voisines, mais se sont heurtés à l'opposition de la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI, 1987).

Selon CURTI et BRITTO (1987), l'impossibilité de réaliser des traitements insecticides dans les réserves indiennes source des infestations, peut compromettre sérieusement les résultats obtenus.

Selon CURTI (in OLIVEIRA, 1987), l'infestation ne pourra être contrôlée que lorsqu'il sera possible de traiter dans l'aire d'origine, ce qui pose problème avec la FUNAI car cette zone est située dans la réserve des indiens Parecis et Nhambiquara. Ces derniers, utilisant les criquets comme source de protéines animales, pourraient s'intoxiquer en consommant des criquets traités. De plus, la FUNAI craint que les insecticides utilisés ne laissent des résidus toxiques préjudiciables à la qualité de l'eau.

Pour les techniciens du Ministère de l'agriculture, ces craintes ne sont pas justifiées. Malathion et fénitrothion ne laissent pas de résidus prolongés au point de provoquer des dégâts permanents dans la région. De plus, les pulvérisations sont réalisées dans l'habitat naturel des criquets, c'est-à-dire dans les zones sèches, principalement les parties hautes loin des rivières.

Pour BRITTO *"tant que nous ne pourrons pas travailler dans la réserve, nous ne pourrons pas éliminer le problème des foyers d'origine"* (OLIVEIRA, 1987).

La position de la FUNAI, opposée pendant longtemps aux traitements, a irrité les grands fazendeiros, principalement ceux ayant des propriétés au voisinage des réserves. Les réactions ont parfois été très agressives. Pour Eli Antonio BRIZOLA *"le criquet n'est pas un monstre à sept têtes. Le problème est que ces criquets viennent de la réserve indienne qui jouxte ma propriété. Un jour nous pulvériserons ces indiens. Ils sont 250 et ils causent tout ce désordre. Ils ont une chute d'eau sur le rio Papagaio qui pourrait fournir de l'énergie pour toute la région, mais comme elle est dans la réserve nous continuons à acheter du gas oil pour nos groupes électrogènes"* (in OLIVEIRA, 1987).

L'agronome Tochio HIROOKA, de la fazenda Itamarati Norte S/A Pecuária, pense *"qu'au nom de la préservation d'un équilibre écologique douteux dans une zone de un million d'hectares où vivent environ 1100 indiens, qui ne produisent rien pour le pays, le gouvernement ne peut combattre les foyers d'origine de l'invasion de criquets. Des milliers d'agriculteurs qui ont investis beaucoup pour produire des tonnes d'aliments pour le Brésil, courent aujourd'hui le risque de voir leurs champs totalement détruits à cause d'un caprice de la FUNAI"* (SANTOS, 1987).

De son côté, la FUNAI a par ailleurs, estimée ne pas avoir d'information satisfaisante pour savoir si les produits étaient réellement inoffensifs. En l'absence de preuves, elle a demandé des études détaillées sur les conséquences d'éventuels traitements sur l'environnement et les indiens. L'une des préoccupations de la FUNAI a été la toxicité des

produits aussi bien pour l'homme, que pour les petits animaux à la base de l'alimentation des indiens et pour les ruches que possèdent certains d'entre eux. "*Les seuls documents sont fournis par les fabricants du produit et ce n'est pas acceptable*" (OLIVEIRA, 1987).

Les écologistes ont également été préoccupés par le sujet et en particulier par le fait que les criquets constituent une nourriture pour certaines tribus indiennes qui pourraient être contaminée par des criquets traités. Les Nhambiquara, en particulier, apprécient ces insectes et les mangent quand la chasse n'a pas été bonne. Le criquet a de tout temps été l'aliment des indiens pour lesquels ils sont plutôt un motif de joie et de satisfaction (OLIVEIRA, l.c.).

De plus, les indiens ont été très critiques sur le nouveau mode d'exploitation des terres par les fazendeiros. Pour João GARIMPEIRO - chef de la réserve des Parecis - "*avant, il n'y avait pas de problème*" (OLIVEIRA, 1987). Les indiens sont persuadés, qu'après des siècles d'équilibre, l'environnement a été durement touché. "*Même les plus vieux n'ont jamais vu une telle quantité de criquets*". "*Quelque chose a réellement changé dans la forêt*" (Anonyme, 1987a). Pour les indiens, on rejette sur eux une faute qui est en réalité celle des fazendeiros. Pour eux, les criquets ont commencé à apparaître à cause des fazendas, des routes, des plantations de riz, de canne à sucre, de soja. Les fazendeiros augmenteraient la quantité de nourriture disponible pour les criquets (OLIVEIRA, 1987).

La FUNAI a ainsi interdit pendant longtemps l'accès des réserves Parecis et Nhambiquara aux responsables de la lutte antiacridienne. Il semble cependant que la situation ait récemment évolué et que, suite aux explications reçues (et peut être aux dégâts sur certaines cultures réalisées par les indiens), les indiens et la FUNAI ne soit plus désormais opposés à des interventions de lutte antiacridienne à l'intérieur des réserves (SOAREZ, 1993).

9.4.4. Conclusions

Cette polémique démontre le manque d'information réciproque sur le sujet. Informations précises sur la toxicité réelle des produits, informations sur l'effet de ces produits sur l'environnement.

En réalité, aucune étude d'impact dans les conditions réelles des traitements antiacridiens au Mato Grosso n'a à ce jour été réalisée. Et il ne suffit pas d'avancer des arguments sommaires comme ceux qui ont été présentés jusqu'à présent. Ne pas avoir rencontré d'oiseaux morts après les traitements insecticides n'est pas une preuve de l'innocuité d'un produit pour l'environnement quand on sait qu'il est extrêmement difficile de trouver des oiseaux morts ou qui se cachent dans la végétation avant de mourir (MINEAU et COLLINS, 1988).

Une telle étude d'impact est absolument nécessaire pour couper court aux polémiques sur le sujet et éventuellement corriger certaines pratiques de lutte afin de mieux respecter le milieu naturel. De telles études sont d'ailleurs communément entreprises dans le cadre de projets impliquant des traitements insecticides de grande ampleur. Certaines sont en cours actuellement dans le cadre de la lutte antiacridienne en Afrique (BALANÇA et de VISSCHER, 1992).

9.5. Vers des méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement

9.5.1. Le souci du respect de l'environnement

La préoccupation majeure des responsables des opérations de lutte antiacridienne au Mato Grosso a été la destruction des essaims de *Rhammatocerus schistocercoides* afin d'éviter au maximum leur dissémination, et en particulier une possible contamination des états voisins, tout spécialement l'état de Goiás. Le souci de la protection de l'environnement ne semble pas, cependant, avoir été totalement absent.

En effet, l'environnement apparaît malgré tout comme une préoccupation constante (réelle ou affectée) des responsables des opérations de lutte qui semblent ne recourir aux insecticides qu'à contre cœur et en l'absence d'autres solutions pour faire face à une situation d'urgence.

Le recours aux insecticides est chaque fois considéré comme une mesure temporaire, destinée à parer au plus pressé, mais devant céder la place, à terme, à des méthodes plus douces, lutte biologique ou lutte écologique.

"Comme le fléau est maintenant contrôlé, on utilisera désormais des techniques et des produits biologiques pour maintenir le niveau de la population de criquets en dessous du seuil de dégâts" (Anonyme, 1992a).

Le recours à des méthodes moins agressives pour l'environnement est, par ailleurs, bien évidemment prôné depuis longtemps par de nombreux environnementalistes et scientifiques. *"Les pullulations de criquets au Mato Grosso résultent d'un déséquilibre écologique. D'énormes quantités d'insecticides sont épandues pour essayer d'enrayer le problème. Une solution rationnelle serait le développement de recherches sur la lutte biologique."* L'auteur de l'article prétend qu'en Afrique des expériences positives existent déjà, à l'époque, sur le contrôle biologique des criquets (Anonyme, 1987i).

Des solutions d'une naïveté déconcertante ont parfois été proposées. Ainsi, en 1987, ZAHLER rapporte que la situation acridienne est considérée comme si grave que l'on recommande l'introduction d'oiseaux prédateurs, comme la pintade. Quatre cents volailles auraient ainsi été relâchées dans le cerrado pour lutter contre les pullulations de criquets... pour le plus grand bonheur des indiens.

Force est de constater que dix ans après les premières pullulations, seul le recours aux insecticides demeure possible. La lutte biologique contre les criquets, comme partout ailleurs, demeure une possibilité qui en est, au mieux et sauf exception, au stade expérimental et s'avère de toute manière incapable de faire face à une situation d'urgence.

Quelques solutions réalistes commencent cependant à apparaître, mais les problèmes posés par l'utilisation de la lutte biologique contre les criquets sont loin d'être tous résolus.

9.5.2. Considérations générales sur la lutte biologique

La lutte biologique constitue, contre les criquets, une possibilité de lutte alternative actuellement à l'étude. Les perspectives offertes par cette technique sont d'ailleurs

régulièrement évoquées depuis près d'un siècle. Malheureusement, les succès sont jusqu'à présent fort limités.

Bien que les ennemis naturels des criquets soient nombreux (GREATHEAD, 1963), la lutte biologique antiacridienne se heurte à de nombreux obstacles (GREATHEAD, 1988 ; PRIOR et GREATHEAD, 1989). Seuls les agents biologiques que l'on peut multiplier rapidement et à peu de frais peuvent vraiment être utilisés. En effet, le contrôle biologique "classique", utilisant par exemple des insectes parasites d'insectes (parasitoïdes) en tant qu'ennemis naturels, ne peut constituer une solution puisque ces derniers sont déjà présents localement et qu'ils ne pourraient faire face au brusque développement des populations de criquets (PRIOR, 1993), surtout lorsqu'il s'agit d'espèces migratrices.

La voie la plus prometteuse paraît actuellement constituée par l'utilisation de micro-organismes pathogènes (GREATHEAD et PRIOR, 1990). Cependant, là encore, la plupart des organismes pathogènes connus sont déjà présents dans les aires infestées et la diffusion d'organismes pathogènes dans les populations de criquets se heurte à des limitations écologiques qui semblent devoir compromettre le succès des introductions. Il ne faut d'ailleurs pas s'attendre à ce que ces agents pathogènes causent des épidémies dans un milieu qui n'est pas favorable au développement de celle-ci.

Un protozoaire est actuellement commercialisé. Il s'agit de *Nosema locustae* Canning, diffusé aux USA sous la marque "Nolo Bait" (MENELY et SLUSS, 1988). Ce produit ne peut cependant être produit qu'à grands frais sur insectes vivants, et de plus la mortalité n'est ni rapide, ni très importante : dans le cas d'un traitement larvaire guère plus de 50 % de la population meurt avant l'âge adulte.

En fait, la tendance actuelle est plutôt d'encourager l'utilisation des agents pathogènes comme instrument de lutte à la place des insecticides chimiques, trop toxiques pour l'environnement. On s'oriente actuellement vers la recherche d'un "biopesticide" en cherchant à obtenir une mortalité maximale à partir de l'application initiale, de même qu'avec un produit chimique, sans chercher à créer une épidémie. La gamme des organismes potentiellement utilisables est assez large ; il s'agit essentiellement de bactéries et de champignons.

Concernant les bactéries, le candidat de choix est le *Bacillus thuringiensis* Berliner. La possibilité de trouver des souches productrices de spores ou de toxines actives contre les Orthoptères est intéressante. Actuellement les souches de *B. thuringiensis* connues ne sont pas toxiques pour les criquets (en particulier à cause d'un pH intestinal trop acide), mais on trouve constamment de nouvelles souches, la gamme des bactéries étudiées peut être élargie et la gamme des toxines produites par les micro-organismes est énorme. Il est raisonnable de penser qu'il doit exister des bactéries pathogènes spécifiques des criquets (GREATHEAD, 1988).

Pour les champignons, une espèce du genre *Entomophaga* a été utilisée récemment en Australie (MILNER, 1985) et aux USA (Anonyme, 1989c) pour le contrôle de criquets ravageurs. Les espoirs les plus importants sont cependant fondés sur les travaux portant sur les espèces des genres *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces dernières sont déjà utilisées dans la pratique pour combattre des insectes nuisibles et leur valeur potentielle est bien connue. Ils commencent à faire l'objet de recherches pour la lutte antiacridienne. Le regain d'intérêt à leur égard depuis ces dernières années vient de ce que :

- ils sont spécifiques et non dangereux pour les organismes non cibles ;
- ils sont peu coûteux à produire ;
- ils pénètrent directement à travers la cuticule et peuvent donc agir comme insecticide de contact ;
- la mortalité est maximale en 5 à 10 jours ;
- enfin, ils peuvent être formulés et appliqués de la même façon que les insecticides chimiques et il est donc possible d'envisager d'utiliser le potentiel de lutte antiacridienne déjà en place (GREATHEAD, I.c.).

Une souche de *Metarhizium flavoviridae* est actuellement à l'étude pour la lutte contre le Criquet pèlerin en Afrique et au Moyen Orient. De premiers résultats expérimentaux sur le terrain ont montré qu'une solution huileuse de conidies entraînait 50 % de mortalité chez la population acridienne traitée au bout de 5 jours, et 90 % de mortalité au bout de 12 jours (PRIOR, 1993). Selon l'auteur, la production industrielle et la commercialisation d'un biopesticide efficace contre les criquets pourraient se faire d'ici quelques années.

9.5.3. La lutte écologique et la lutte biologique antiacridienne au Brésil

Régulièrement, à chaque pullulation importante, les différents ennemis naturels des criquets sont notés. Les auteurs insistent (mais à chaque fois sans preuve et plus comme une profession de foi) sur l'efficacité du contrôle biologique et notent l'intérêt éventuel de ces organismes pour la mise au point de méthodes de lutte.

Les oiseaux sont les ennemis naturels les plus souvent cités. Abondent les plaidoyers pour leur protection, la limitation de la chasse, le reboisement destiné à recréer leur milieu naturel et à favoriser leur reproduction. Certains conseillent l'élevage d'oiseaux domestiques insectivores (FORNARI, 1986).

Une guêpe prédatrice des criquets a été signalée. L'auteur souligne l'intérêt d'étudier son potentiel pour éventuellement l'utiliser comme méthode de lutte (Anonyme, 1986c - 1987c).

Nous avons vu ce que l'on pouvait penser actuellement de ce sujet. Si la protection des ennemis naturels des criquets est, en soi, une bonne chose, l'utilisation de ces organismes en vue de la mise au point d'une méthode opérationnelle de lutte biologique paraît actuellement peu réaliste (GREATHEAD, 1988 ; PRIOR et GREATHEAD, 1989 ; PRIOR, 1993).

Des essais sur des organismes plus prometteurs ont cependant déjà été réalisés au Brésil.

Le champignon *Metarhizium anisopliae* a été testé sur une bande de larves du 4^e stade. Il a été pulvérisé 230 g de produit (par ha ?), dans des rizières, soit 230.10⁹ spores de *M. anisopliae*. La mortalité des larves a été observée entre quatre et sept jours après l'application. Les insectes morts étaient bien contaminés par le champignon, présentant aussi bien des filaments mycéliens que des spores. Compte tenu du temps nécessaire pour observer la mortalité, les dégâts au cours de ce laps de temps peuvent évidemment être grands (COSENZA, 1987).

L'utilisation de plantes aux propriétés insecticides a également été suggérée. Ainsi, *Quassia amara* L. (*Simaroubaceae*) possède des effets répulsifs sur divers insectes. Son utilisation pour la lutte contre les criquets a été découverte par un agriculteur de Marapanim (état de Pará), qui a observé de nombreux criquets morts sur un pied de Quina dont les feuilles avaient été dévorées. Il a été proposé d'utiliser des extraits de cette plante pour aider les petits agriculteurs à lutter contre les pullulations de *Tropidacris cristata* (REIS, 1985). L'efficacité de tels extraits de plante, en particulier de ceux d'une Méliacée, *Azadirachta indica* A. Juss., est connue depuis fort longtemps et ceux-ci sont parfois utilisés (OLAIFA et ADENUGA, 1988). Leur usage paraît cependant très limité pour des raisons d'extraction, de formulation et de rémanence très faible.

Un contrôle physique peut également être tenté en pratiquant un labour supplémentaire sur les sites de plantation qui constituent les milieux préférés des femelles pour la ponte (Anonyme, 1987c). La méthode, efficace localement, reste cependant limitée pour baisser significativement le niveau des populations à l'échelle du Mato Grosso.

Par contre, l'aide récente (janvier 1993) accordée par la FAO au Brésil pour la lutte antiacridienne ouvre d'heureuses perspectives. Des crédits seront, en effet, utilisés essentiellement pour la recherche de méthodes de lutte biologiques contre les criquets (ainsi qu'en études d'impact sur l'environnement des traitements antiacridiens). Ces recherches devraient être développées en collaboration avec diverses institutions : EMBRAPA, organismes de recherche des états du Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul et Mato Grosso, ainsi qu'avec le concours de l'Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables (IBAMA) (Anonyme, 1993a, 1993b).

De telles études offrent la perspective d'une avancée significative dans le domaine de la découverte de nouvelles méthodes de lutte, aussi efficaces mais plus soucieuses de l'environnement. Il conviendra de cerner les voies de recherche et les organismes (pathogènes essentiellement) les plus prometteurs. Il conviendra également de prendre en compte dès le départ les impératifs stratégiques et de replacer d'emblée les nouveaux moyens de lutte biologique dans un contexte opérationnel.

10. LES RECHERCHES EN COURS ET A ENTREPRENDRE

10.1. Généralités

Dès 1987 les grandes lignes des actions à entreprendre, aussi bien sur le plan de la recherche que sur un plan plus pratique immédiat ont été définies par les responsables du programme national de lutte, de l'EMBRAPA et de l'EMBRATER (Anonyme, 1987k). Les principaux points mentionnés étaient les suivants :

- Obtention de données sur la biologie du criquet,
- Influence des facteurs écologiques,
- Comportement du criquet dans diverses conditions,
- Identification des zones initiales de pullulation,
- Niveau des dégâts causés par les criquets,
- Etablissement d'un système de contrôle des invasions,
- Etude des possibilités de lutte intégrée,

- Sensibilisation des producteurs et des communautés rurales au problème acridien et aux méthodes de contrôle.
- Formation des producteurs ruraux à l'identification des zones de pullulation et aux méthodes de lutte :
 - . localisation des pullulations,
 - . niveau de dégâts,
 - . usage correcte des insecticides,
 - . utilisation des ennemis naturels,
 - . pratiques agricoles adaptées pour le contrôle des criquets.
- Installation sur le terrain d'unités de démonstration des principales méthodes de lutte
- Organisation et mobilisation des producteurs ruraux, de leurs associations ainsi que des autres communautés, pour une réalisation effective des traitements antiacridiens,
- Formation des vulgarisateurs afin qu'ils puissent assister et orienter les producteurs et les communautés rurales.

Toutes ces recommandations demeurent bien entendu valables. Nous nous limiterons ici au problème particulier des recherches à développer.

Tout au long des chapitres précédents nous avons mis l'accent sur le manque de connaissances fiables sur de nombreux points de la bio-écologie de *Rhammatocerus schistocercoides* et du déterminisme de ses pullulations. Nous reprenons ici les points les plus importants qui nous paraissent à étudier, en soulignant à chaque fois, si besoin, les difficultés de certains sujets ainsi qu'en mentionnant ceux pour lesquels nous avons d'ores et déjà entrepris des réalisations concrètes dans le cadre (ou en marge) du projet CCE "Environnement et criquets ravageurs au Brésil" (ces sujets sont marqués d'une étoile *).

10.2. Etudes taxonomiques*

Bien que l'identification de *Rhammatocerus schistocercoides* ne semble pas poser de problème et que cette espèce paraisse bien différenciée des autres espèces du même genre, la situation taxonomique du genre *Rhammatocerus* reste très confuse. Une révision (incluant les quelques genres voisins) s'avère absolument nécessaire.

Nous avons actuellement entrepris une telle révision, en collaboration en particulier avec le Laboratoire des Orthoptères du Muséum de Paris et l'appui des spécialistes du British Muséum et du NRI en Grande Bretagne.

La base de cette révision sera constituée par les collections du Muséum de Paris qui possède des échantillons du genre *Rhammatocerus* de l'ensemble du continent américain, complétée par les collections du PRIFAS à Montpellier, celles du NRI et les collectes réalisées au cours du projet CCE sur le terrain, au Mato Grosso et dans d'autres zones du Brésil.

Ces études devraient également permettre de préciser l'aire de distribution réelle de *Rhammatocerus schistocercoides*. Nous avons vu que les collections de divers musées renferment des exemplaires collectés très largement en dehors de l'aire de distribution actuellement reconnue. Une meilleure connaissance de la répartition de cette espèce devrait permettre de mieux comprendre quels sont les macro-facteurs écologiques qui ont sur elle une influence prépondérante.

10.3. Etudes biologiques*

Malgré les travaux déjà réalisés, les connaissances sur la biologie de *Rhammatocerus schistocercoides* sont encore insuffisantes et parfois incertaines. Des travaux de recherche complémentaires sont donc indispensables.

D'une manière générale, ces travaux devraient être réalisés pour l'essentiel sur le terrain, à partir de l'étude de populations naturelles étudiées selon un protocole d'échantillonnage rigoureux. Un ou deux biotopes devraient être suivis pendant au minimum une année, ou mieux deux, pour réaliser des études intensives. Deux fois par semaine, la densité de la population serait évaluée et la structure d'âge analysée très finement, appliquant les méthodes classiques d'analyse démographique utilisées pour les études acridiennes (DURANTON et al., 1982). Diverses autres observations, écologiques et comportementales, pourraient être réalisées à cette occasion.

Les élevages permettent d'apporter des compléments d'information, mais les données de base doivent rester celles provenant des populations sauvages. Placés en cage, même de terrain, les insectes se trouvent dans des conditions écologiques sensiblement différentes (insolation, ventilation, température, humidité...) et un certain nombre de caractéristiques du cycle biologique (durées, voire le nombre de stades larvaires...) peuvent être modifiées dans des proportions parfois importantes.

Il convient d'étudier plus particulièrement :

- **Le développement larvaire** : nombre de stades (en prenant spécialement en compte les stries oculaires), critères de reconnaissance des stades, durée des stades, les taux de mortalité naturelle, l'influence des conditions écologiques sur le développement larvaire...
- **Le développement imaginal** et en particulier le fonctionnement ovarien des femelles : durée de chaque stade imaginal, présence d'une période de diapause (ou de quiescence) ovarienne, déterminisme de cet arrêt de fonctionnement ovarien pendant la saison sèche, taux de mortalité...
- **Les phénomènes de migrations** aussi bien des populations de forte densité que des populations "solitaires" de densité faible. Ces derniers déplacements pouvant éventuellement jouer un rôle très important dans la dynamique des populations et le déterminisme des invasions.

10.4. Etudes éthologiques*

L'étude du comportement journalier du *Rhammatocerus* devrait permettre de mettre en évidence les rythmes naturels d'activité de ce criquet et d'analyser plus précisément les possibilités de déplacements nocturnes à longue distance. Les rythmes d'activité pourraient être mesurés expérimentalement à l'aide d'un actographe, en tenant compte des facteurs environnementaux (température, humidité, photopériode, présence de congénères à proximité...) et de l'état physiologique du criquet.

Le comportement des formations grégaires sur le terrain (groupes, bandes larvaires, essaims) mériterait aussi d'être analysé plus en détail.

10.5. Etude du polymorphisme phasaire

L'étude de l'existence d'un phénomène de polymorphisme phasaire se doit incontestablement d'être développée. Il conviendra d'établir l'influence de la densité des populations sur les différents aspects de la morphologie, du comportement, de la bio-écologie et de la physiologie de ce criquet afin de montrer si, oui ou non, il existe bien deux phases différentes, solitaire et grégaire. Les critères de reconnaissance des phases devront être établis clairement.

Ces études nécessitent des élevages dans des conditions rigoureusement contrôlées. L'élevage d'individus strictement solitaires doit être réalisé avec beaucoup de précautions : isolement sensoriel complet, non seulement physique (contact), mais également visuel et olfactif. La présence de seulement quelques criquets dans une même pièce augmente le taux de phéromones et peut déjà modifier au moins le comportement de chaque individu.

Cette étude devrait être complétée par des observations de terrain mettant en relation l'aspect des populations avec leur densité actuelle et passée.

10.6. Etudes écologiques et déterminisme des pullulations*

L'étude écologique de *Rhammatocerus schistocercoides* demeure une étape incontournable de la compréhension du déterminisme des pullulations de cette espèce. C'est un des objectifs du projet "Environnement et criquets ravageurs au Brésil" (MIRANDA et LAUNOIS, 1991).

Il convient tout d'abord de définir précisément le tempérament écologique de l'espèce (facteurs écologiques clés et valeurs optimales) et de caractériser ses biotopes. L'usage des informations satellitaires doit permettre de les cartographier et, éventuellement, de suivre leur évolution phénologique annuelle et inter-annuelle.

Il conviendra également d'étudier le déterminisme des pullulations en relation avec les conditions météorologiques et anthropiques.

Les relations avec les conditions météorologiques nécessitent en particulier l'étude dynamique des cartes de lignes isohyètes mensuelles et des champs de vent à basse altitude. L'examen des cartes météorologiques synoptiques doit pouvoir apporter les informations fondamentales pour comprendre l'ambiance aérologique à l'intérieur de laquelle évolue l'acridien et ses possibilités de déplacements.

Dans le domaine de l'influence des actions anthropiques, il convient de chercher à comprendre comment les modifications du milieu naturel au Mato Grosso depuis les années 70 ont pu avoir une influence sur la dynamique des populations acridiennes et le développement des récentes pullulations.

10.7. Etude de l'impact économique des acridiens au Mato Grosso

Les données actuelles sur l'impact économique des acridiens au Mato Grosso ne sont pas suffisamment fiables, à tel point que certains ont pu nier la réalité du problème. Il conviendrait donc d'établir une méthode d'évaluation des dégâts et de l'impact général des pullulations acridiennes sur l'économie du Mato Grosso.

10.8. Etude des possibilités de lutte biologique

Les percées, très récentes, réalisées en Europe et en Afrique dans le domaine de la lutte biologique contre les criquets ouvrent d'heureuses perspectives. Il convient de développer au Brésil les recherches sur ce sujet et d'étudier la possibilité d'utiliser différents micro-organismes pathogènes en mettant l'accent sur ceux considérés actuellement comme les plus prometteurs (champignons) et en gardant en permanence à l'esprit les contraintes stratégiques et opérationnelles des opérations de lutte antiacridienne.

10.9. Etude de l'impact des traitements antiacridiens sur l'environnement

La réalisation de recherches sur l'impact réel sur le milieu naturel des insecticides utilisés dans les traitements antiacridiens devrait permettre l'obtention de données objectives sur le sujet et de mettre un terme aux polémiques actuelles.

10.10. Etude des possibilités d'utilisation d'inhibiteurs de croissance

Les inhibiteurs de croissance sont des substances bloquant les chaînes métaboliques conduisant à la synthèse de la chitine, constituant fondamental de la cuticule des insectes. Ils entraînent de ce fait une mortalité au moment de la mue, les larves ayant ingéré le produit ne pouvant s'extraire de l'ancien tégument.

Ces produits - dont le diflubenzuron et le téflubenzuron sont les plus connus - sont normalement non toxiques pour les mammifères, respectent une grande partie de l'entomofaune (car ne tuant que les insectes en cours de développement larvaire) et possèdent une longue rémanence. Ils pourraient constituer une solution de remplacement aux insecticides actuels dans le cadre d'une lutte préventive contre les bandes larvaires de *Rhammatocerus schistocercoides*. Leur efficacité en lutte antiacridienne a déjà été démontrée. Leur possibilité d'emploi au Mato Grosso mérite incontestablement d'être évaluée.

CONCLUSIONS GENERALES

De nombreuses hypothèses ont été avancées pour expliquer les pullulations de *Rhammatocerus schistocercoides* survenant depuis maintenant une dizaine d'années au Mato Grosso. Celles revenant le plus fréquemment mettent en cause le déboisement intensif et l'apparition d'un déséquilibre écologique qui aurait provoqué une réduction importante des ennemis naturels des criquets et favorisé ainsi leurs pullulations.

En réalité, aucune de ces hypothèses n'est étayée scientifiquement. Les connaissances fiables sur ce criquet et sur le déterminisme de ses pullulations sont actuellement très limitées.

De nombreuses recherches doivent donc être entreprises, aussi bien sur le plan de la mise au point de nouvelles méthodes de lutte et en particulier de méthodes de lutte biologique, que sur un plan plus fondamental afin de mieux comprendre de nombreux aspects du comportement et de la bio-écologie de cet insecte, connaissances qui seules

permettrons la mise au point de stratégies de lutte plus rationnelles, plus efficaces et plus économiques.

Parmi les travaux à entreprendre, on peut citer en particulier l'étude du tempérament écologique de ce criquet, le déterminisme de ses récentes pullulations en relation avec les conditions météorologiques, d'une part, et les perturbations apportées par l'homme depuis vingt ans dans l'environnement au Mato Grosso, d'autre part. L'existence d'un phénomène de polymorphisme phasaire est également un point important qui mérite attention. Finalement, même le cycle biologique, connu dans ses grandes lignes, devrait faire l'objet de recherches plus approfondies, en particulier grâce à des travaux de terrain en conditions naturelles.

Malgré le manque de connaissances précises, il nous apparaît cependant de plus en plus que les pullulations de *Rhammatocerus schistocercoides* constituent un phénomène ancien et qu'elles sont vraisemblablement liées à des conditions météorologiques particulières. Le problème "criquet" au Mato Grosso est, par contre, récent. Il est apparu à la suite de l'implantation de cultures dans les zones de pullulation habituelles de cet insecte. Quelle est l'influence réelle sur les populations acridiennes des modifications de l'environnement sous l'action de l'homme ? Rien ne permet actuellement de répondre. C'est ce que les recherches en cours devront chercher à établir.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

Cette compilation bibliographique ne prétend pas être exhaustive, en particulier en ce qui concerne les nombreux articles de journaux et périodiques parus sur le sujet pour lesquels les principaux ou les plus significatifs ont seuls été sélectionnés. Les références ont été classées par ordre chronologique afin de permettre au lecteur de mieux percevoir l'évolution du problème du *Rhammatocerus schistocercoides* au Brésil. Les textes accompagnant certaines références ne constituent pas des résumés mais soulignent simplement les points qu'il paraissait intéressant de mettre en exergue.

1800-1900

SAUSSURE H., 1861. — Orthoptera nova Americana. *Rev. Mag. Zool.*, 2e série, Paris, 13 : 156-188.

Description du genre *Rhammatocerus*.

1900-1950

REHN J. A. G., 1906a. — Notes on South American grasshoppers of the subfamily Acridinae (Acrididae), with descriptions of new genera and species. *Proc. U. S. Nat. Mus.* 30 : 371-391.

Description originale de *Rhammatocerus schistocercoides*, sous le nom de *Scyllina schistocercoides* (p. 388-390).

REHN J. A. G., 1906b. — Studies in South and Central American Acridinae (Orthoptera) with the description of a new genus and six new species. *Proc. Acad. Nat. Sci.*, Philadelphia 58 : 10-50.

KIRBY W. F., 1910. — A synonymic catalogue of Orthoptera ; Orthoptera Saltatori (Locustidae vel Acridiidae). *British Muséum Natural History*. V. 3, part 2, London, 674 pp.

BRUNER L., 1911. — South American Acridoidea. *Ann. Carnegie Mus.* 8 : 5-147.

UVAROV B. P., 1921. — A revision of the genus *Locusta*, L. (= *Pachytylus*, Fieb.), with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. *Bull. ent. Res.* 12 : 135-163.

Publication marquant le point de départ de la théorie des phases chez les acridiens.

1951-1970

HOECHNE F. C., 1951. — Mato Grosso, contraste do seu nome. *Relatório anual do Instituto de Botânica referente ao exercício de 1949*, São Paulo : 45-51.

GONÇALVES C. R., PORTELLA L. N. et MACEDO A., 1955. — O gafanhoto do Nordeste do Brasil. *B. fitossanit.*, Rio de Janeiro, 6 : 27-33.

- GONÇALVES C. R., 1956. — Dados sobre a biologia do gafanhoto no Nordeste do Brasil. *B. fitossanit.*, Rio de Janeiro, 6 : 145-150.
- CARBONELL C. S., 1957. — Vuelos en masa de Acridoideos (Orthoptera) en el Uruguay. *Rev. Soc. urug. Ent.* 2 : 73-77.
- DEMPSTER J. P., 1963. — The population dynamics of grasshoppers and locusts. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 38 : 490-529.
- GREATHEAD D. J., 1963. — A review of the insect enemies of Acridoidea (Orthoptera). *Trans. R. Entomol. Soc. London* 114 : 437-517.
- GREATHEAD D. J., 1966. — A brief study of the effects of biotic factors on populations of the desert locust. *J. Appl. Ecol.* 3 : 239-250.
- SILVA A. G. d'A. e, GONÇALVES C. R., GALVÃO D. M., GONÇALVES A. J. L., GOMES J., SILVA M. do N. et SIMONI L. de, 1968. — *Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores ; insetos, hospedeiros e inimigos naturais*, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Laboratório Central de Patologia Vegetal, V.1, part.2, 265 pp.
- NERNEY N. J. et HAMILTON A. G., 1969. — Effects of rainfall on range forage and population of grasshoppers. San Carlos Indian Reservation, Arizona. *J. Econ. Entomol.* 62 : 329-333.

1971-1983

- JAGO N. D., 1971. — A review of the Gomphocerinae of the world with a key to the genera (Orthoptera, Acrididae). *Proc. Acad. Nat. Sc., Philadelphia*, 123 : 205-343.
- Scyllina schistocercoides* Rehn, 1906 est placé dans le genre *Rhammatocerus*.
- GUAGLIUMI P., 1973. — *Pragas da cana-de-açúcar : Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro, Instituto do Açúcar. 662p. (IAA. Coleção Canavieira, 10).
- Signalisation de dégâts de *Rhammatocerus pictus* sur canne à sucre dans le Nordeste. L'identification du ravageur doit être considérée avec prudence.
- ROQUETTE-PINTO E., 1975. — *Rondônia*. Comp. Edit. Nac., São Paulo. Série Brasilliana. Vol. 39. 285 pp. (6e édit.).
- GANGWERE S. K. et RONDEROS R. A., 1975. — A synopsis of food selection in Argentine Acridoidea. *Acrida* 4 : 173-194.
- COSENZA G. W., 1977. — Uso da aplicação aérea e terrestre de inseticidas para o controle do gafanhoto em Minas Gerais. *An. Soc. Entomol. Brasil*, Itabuna, BA, 6(2) : 295-300.
- Signalisation de dégâts de diverses espèces acridiennes dans les états de São Paulo, de Rio de Janeiro et du Minas Gerais, entre 1970 et 1974. Le malathion ULV et le fénitrothion ULV se sont avérés les insecticides les plus efficaces.

UVAROV B. P., 1977. — *Grasshoppers and Locusts*, Vol. 2. Centre for Overseas Pest Research, London. 613 pp.

LECOQ M., 1978. — Biologie et dynamique d'un peuplement acridien de zone soudanienne en Afrique de l'Ouest. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 14 : 603-681.

RADAMBRASIL, 1979-1982. — *Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais*. Vol. 19, 25 et 26. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral, Rio de Janeiro.

HARVEY A. W., 1981. — A reclassification of the *Schistocerca americana* complex (Orthoptera Acrididae). *Acrida*, 10 : 61-77.

Reclassification du complexe *Schistocerca americana* sur la base d'élevages. *Schistocerca cancellata* (Serville, 1838), le criquet migrateur des régions tropicales et sub-tropicales d'Amérique du Sud est réérigé au rang d'espèce.

C.O.P.R., 1982. — *The locust and grasshopper agricultural manual*. Centre for overseas pest research, London. 690 pp.

DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M., 1982. — *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ministère des Relations Extérieures - Coopération et Développement - et G.E.R.D.A.T. (Paris). 2 tomes. 1496 pp.

LAUNOIS M., 1983. — *Mission exploratoire du Dr. Michel André LAUNOIS, écométhodologiste GERDAT/PRIFAS, auprès du Centre EMBRAPA/CPATSA (Nordeste du Brésil) du 5 au 21 août 1983*. — Montpellier, France, GERDAT/PRIFAS : 18 pp. (Doc. multigr).

Avertissement sur les risques de pullulations acridiennes au Brésil suite aux nombreuses modifications de l'environnement actuellement en cours.

MacCUAIG R.D., 1983. — *Insecticide Index*. 2ème éd. FAO, Rome. 191 pp.

1984

"Début" des pullulations de *Rhammatocerus schistocercoides*

Anonyme, 1984. — O combate ao gafanhoto. *Defesa vegetal*, 84(4) : 4-5.

Reportage sur les pullulations acridiennes survenues au Mato Grosso en septembre 1984. Sept millions d'hectares sont contaminés. Justification de l'emploi d'insecticides pour répondre à une situation d'urgence, même si dans un deuxième temps des méthodes de lutte intégrée sont envisagées.

CARBONELL C. S., 1984. — Nomenclature and systematics of *Tropidacris* et *Eutropidacris* (Orthoptera, Acrididae, Romaleidae). *Notula Naturae of the Academy of Natural Sciences*, Philadelphia, 461 : 11 pp.

LAUNOIS M., 1984. — *Introduction à l'étude des pullulations du criquet ravageur Rhammatocerus pictus (Bruner, 1900) (Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae) au Mato Grosso (Brésil)*. Montpellier, France, CIRAD/PRIFAS. 26 pp. [Doc. multigr.].

Rapport d'une mission au Mato Grosso à l'occasion des pullulations acridiennes survenues en septembre-octobre 1984. Indications sur l'origine probable des pullulations et recommandations en matière d'organisation de la lutte. L'espèce responsable est alors identifiée comme *R. pictus*.

1985

COSENZA G. W., 1985. — O gafanhoto ataca novamente. *R. bras. Extensão Rural*, Brasília, 6(5) : 28.

COSENZA G.W., et PACHECO J. O. M., 1985. — *Controle do gafanhoto do Nordeste (Schistocerca pallens)*. — Brasília, EMBRATER : 20 pp. (EMBRATER, Didática, 8).

Après plusieurs décades de calme, les criquets menacent de nouveau l'agriculture brésilienne, principalement dans le Centre-Ouest et dans le Nordeste.

MILNER P. J., 1985. — Field tests of strain of *Entomophaga grylli* from the USA for biocontrol of the Australian wingless grasshopper *Phaulacridium vittatum*. *Proc. 4th Australasian Conf. on Grassl. Invert. Ecol. Lincoln College, Canterbury, 13-17 mai 1985* : 255-261.

REIS O. G., 1985. — *Combate o gafanhoto com uso de planta inseticida (Quassia amara L.)*. EMBRATER, Serviço de extensão rural, Brasília. 4 pp.

Possibilité d'utilisation des feuilles de *Quassia amara* L. en lutte antiacridienne, en particulier contre *Tropidacris cristata*.

1986

Anonyme, 1986a. — *Ajuste entre a EMBRAPA e MA/SNAD/SDSV sobre a praga do gafanhoto*. Relatório 1986, EMBRAPA, Brasília. 189 pp. [Doc. multigr.].

Programme de recherche intégré sur la biologie et la lutte contre les criquets au Brésil. Les recherches envisagées par divers organismes CPAC, CPATSA...

Anonyme, 1986b. — Algumas informações sobre a área de infestação da praga de gafanhotos no estado do Mato Grosso. *Jornal do Engenheiro Agrônomo*, n°1, p. 5. Associação de Eng.º Agr.º do Estado do Mato Grosso, Cuiabá.

Anonyme, 1986c. — Ataque de gafanhotos ameaça novas lavouras. *EMBRAPA-CPAC, Diário - Noticiário*, n°171, 2/12/86 : 2-3.

Les pullulations acridiennes au Mato Grosso. L'espèce responsable est presque totalement inconnue. Quelques indications sommaires sur sa biologie et sur les méthodes de lutte.

Anonyme, 1986d. — Estratégias para combater a praga dos gafanhotos. *Itaú Rural*, 74 : 3.

Reportage sur les pullulations de criquets au Brésil. Le Mato Grosso est l'état le plus contaminé avec 20 millions d'hectares concernés. Il s'agirait de la plus grave infestation de criquets jamais survenue au Brésil. Hypothèses sur l'origine des pullulations et justification de l'emploi d'insecticides pour parer à une situation d'urgence.

Anonyme, 1986e. — Os gafanhotos estão de volta. *Agricultura hoje*, 11(115) : 30-31.

Les pullulations acridiennes au Mato Grosso. Le programme national de lutte et les principales recommandations d'une équipe d'experts de la FAO.

Anonyme, 1986f. — Guerra aos "saltões". *Agricultura*, juin 1986 : 56.

Reportage sur la situation acridienne au Mato Grosso où 20 millions d'hectares seraient contaminés par les criquets. Libération de nouveaux crédits du gouvernement fédéral pour conduire les opérations de lutte. Appui de la FAO pour la réalisation d'un cours de formation à la lutte antiacridienne.

Anonyme, 1986g. — A marcha dos gafanhotos. *Lav. arroz.*, Porto Alegre 39(366) : 23-24.

Anonyme, 1986h. — *Relatório. Reunião na SDSV/MA sobre o gafanhoto*. EMBRAPA, Brasília. 3 pp. [Doc. multigr.].

F.A.O., 1986. — *Migratory Control Project*. Project of the Government of Brasil. 22 pp. [Doc. multigr.].

FORNARI C., 1986. — Gafanhoto : a praga bíblica no Brasil. *R. bras. Extensão Rural*, Brasília, 7(2) : 17-18.

Création, le 22 janvier 1986, du Programme national de lutte contre les criquets destiné à lutter, en particulier, contre les pullulations acridiennes au Mato Grosso. Appui de la FAO sous la forme de deux cours de formation en lutte antiacridienne, à Cuiabá (MT) et à Carpina (PE).

McCULLOCH L., 1986a. — *Control of Rhammatocerus swarms in Mato Grosso State, Brasil. Interim report and recommendations*. FAO/TCP/4508/BRA. 38 pp. [Doc. multigr.].

Rapport intermédiaire d'un consultant FAO. Recommandations provisoires sur l'organisation des opérations de lutte contre *Rhammatocerus schistocercoides*. De nombreuses indications sur l'organisation générale de la lutte, les méthodes de surveillance et de contrôle aérien, le matériel de traitement, la définition des cibles, l'utilisation des moyens de communication et la création d'un service d'information... Des modèles de fiches de surveillance et de traitements et de nombreuses indications pratiques.

McCULLOCH L., 1986b. — *Locust control in Mato Grosso state, Brasil. Final Consultancy Report to FAO*. FAO/TCP/4508/BRA. 17 pp. [Doc. multigr.].

Rapport final d'un consultant FAO. Recommandations concernant les moyens et les méthodes de lutte contre les criquets du Mato Grosso.

PRIMI L., 1986. — Gafanhotos. Uma praga milenar. *Raízes*, 119 : 32-34.

Reportage sur la situation acridienne au Mato Grosso. Hypothèses sur l'origine des pullulations. Quelques indications sur la biologie de l'espèce et les méthodes de lutte. Mention des recommandations de la FAO et de son soutien sous la forme de cours de formation.

SILVA R. B., 1986. — O gafanhoto : uma praga imprevisível. *Informativo SERDV/DFA/SE*. Aracaju, n°2-3 : 1-9.

1987

Anonyme, 1987a. — O castigo vem do céu. *Isto é*, 30 septembre 1987 : 94-95.

Les pullulations acridiennes au Mato Grosso sont attribuées à la destruction systématique de milliers de kilomètres carrés de forêt vierge. Polémique sur l'utilisation des insecticides dans les réserves indiennes.

Anonyme, 1987b. — Gafanhotos. *O Estado de São Paulo*, 16 septembre 1987, n°1668(31) : 3.

Anonyme, 1987c. — Gafanhotos ameaça novas lavouras. *Balde Branco*, 22(273) : 28.

Les attaques de criquets au Mato Grosso, jusqu'à présent limitées principalement au riz, menacent maintenant d'autres cultures, en particulier la canne à sucre, et pourraient s'étendre à d'autres régions.

Anonyme, 1987d. — Os gafanhotos, avançando. *O Estado de São Paulo*, 25 août 1987.

Courte note sur la situation acridienne au Mato Grosso à l'occasion d'une mission de deux experts du CIRAD "Nous sommes en face d'une invasion."

Anonyme, 1987e. — Gafanhotos devastam a lavoura do Mato Grosso. *Economia* : 13.

Anonyme, 1987f. — Gafanhotos já atacaram 20 milhoes/ha. *Folha de São Paulo*, sup. agrícola, 1er septembre 1987, page B5.

Reportage sur les pullulations de criquets au Mato Grosso. Indications sur le cycle biologique et les méthodes de lutte. Commentaires sur une polémique autour de l'utilisation des insecticides et sur les difficultés à réaliser des prospections et des traitements dans les réserves indiennes sous la pression de la FUNAI.

Anonyme, 1987g. — Gafanhotos, tentando evitar uma calamidade. *Estado Rural*, Florianópolis, 11 septembre 1987, page 3.

Actualité du problème acridien au Brésil. L'action du programme national de lutte. Les conséquences possibles des modifications de l'environnement. Aperçu sur les principales espèces dangereuses et leur aire de distribution.

Anonyme, 1987h. — Inseticidas. *Folha de São Paulo*, 25 août 1987, page A10.

Selon deux experts français les insecticides utilisés pour combattre les criquets au Mato Grosso ne sont pas adaptés et pourraient, de plus, affecter le milieu naturel.

Anonyme, 1987i. — A invasão dos gafanhotos. *Revista Brasil Agrícola*, 1(6) : 24-25.

Anonyme, 1987j. — Mané-magro pode atacar de novo. *Globo Rural*, août 1987, page 12.

Courte note sur les risques de pullulation du Mané Magro (*Stiphra robusta*) dans le Nordeste du Brésil à l'occasion de la publication d'un poster de vulgarisation sur cette espèce.

Anonyme, 1987k. — *Programa Nacional de Combate ao Gafanhoto*. Ministério da Agricultura, Secretaria de Defesa Sanitária Vegetal. Doc. multigr. 11p. [Doc. multigr.].

La situation acridienne actuelle au Brésil. Justification de la création d'un Programme national de lutte. Participation, en particulier, de l'EMBRAPA et de l'EMBRATER.

ALENCAR J. R., 1987. — Rondônia, uma fronteira sem futuro. *Guia Rural Abril*, 1(1) : 147-150.

COSENZA G. W., 1987. — *Biologia e controle do gafanhoto Rhammatocerus sp.* Planaltina, DF, EMBRAPA-CPAC. 23pp. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 25).

Courte monographie consacrée à *Rhammatocerus schistocercoides*. Des indications sur la morphologie, la biologie, le comportement et l'écologie de cette espèce, ainsi que sur les méthodes de lutte chimique. Huit photographies en couleurs illustrent l'insecte et ses formations grégaires.

CURTI J. B., 1987a. — *Combate ao gafanhoto no estado de Mato Grosso*. Informativo Fitossanitário. Ministério da agricultura, Secretaria de Defesa Sanitária vegetal, DIVIFI-SECOF, Brasília. 1p. [Doc. multigr.].

Annnonce des opérations de traitement au Mato Grosso contre les criquets. 30 000 000 d'hectares seraient contaminés. Description de la méthode de prospection et de traitement envisagée faisant appel, en particulier, à des hélicoptères.

CURTI J. B., 1987b. — *Programa Nacional de Combate o Gafanhoto no Estado de Mato Grosso e Rondônia*. Trabalho apresentado no 3º Encontro de Atualização sobre os Métodos de Controle de Pragas, Piracicaba, SP. 9pp. [Doc. multigr.].

CURTI J. B. et BRITTO J. S., 1987. — *National Program of locust control*. Ministério da Agricultura/SDSV. Brasília. 14 pp. [Doc. multigr.].

Présentation du Programme national de lutte contre les criquets. Objectifs du programme, stratégie et méthodes de lutte, en particulier contre *R. schistocercoides* au Mato Grosso. Résultats chiffrés des campagnes de lutte entreprises entre 1984 et 1987.

DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.-H. et LECOQ M., 1987. — *Guia prático de luta contra os gafanhotos devastadores no Brasil*. FAO et CIRAD-PRIFAS, Montpellier. 161 pp.

Les principales espèces d'acridiens ravageurs au Brésil. Leur bio-écologie, les méthodes de surveillance et de lutte.

DURANTON J.-F. et LAUNOIS-LUONG M.-H., 1987. — *Programme d'études préliminaires sur la bio-écologie de Rhammatocerus pictus (Bruner, 1911) (Gomphocerinae).*— Montpellier, CIRAD-PRIFAS. D.263. 17pp. [Doc. multigr.].

Propositions pour un programme de recherche sur la bio-écologie de *Rhammatocerus schistocercoides* (identifié à l'époque comme *R. pictus*). Combinaison d'études synchroniques et diachroniques. Modèles de fiches pour les prospections acridiennes et la description des biotopes acridiens.

FEITOSA I., 1987. — Botânico critica método de combate aos gafanhotos. *Jornal do Brasil*, 1er septembre 1987.

Critiques, par des experts français du CIRAD, des opérations de lutte antiacridienne réalisées au Mato Grosso par le Programme national de lutte contre les criquets. Les traitements effectués ne seraient qu'un palliatif et risqueraient de causer préjudice à l'environnement. Présentation du programme du CNPDA en matière d'utilisation des images satellitaires pour la lutte antiacridienne.

FUNAI, 1987. — *Considerações sobre o Programa Nacional de controle da praga gafanhoto*. Fundação Nacional do Índio. Cuiabá. 7 pp.

JOHN L., 1987. — Gafanhotos. A solução não virá so do céu. *Guia Rural Abril*, 1675(8) : 66-68.

Examen critique des opérations de lutte antiacridienne entreprises au Mato Grosso contre *R. schistocercoides*. L'accent est mis sur la nécessité de mener une lutte préventive et de mieux connaître la bio-écologie de l'insecte et la raison de ses récentes pullulations. Parmi les facteurs favorables on trouverait le déboisement, l'extension rapide des pâturages, la monoculture de canne-à-sucre, riz et soja... Des méthodes de lutte sont suggérées.

OLIVEIRA S., 1987. — Operação gafanhoto. *Globo rural*, 3(26) : 82-93.

"1000 heures de vol, 120.000 litres d'insecticides, 63 millions dépensés... et ils survivent" : la polémique sur l'efficacité des campagnes de lutte antiacridienne au Mato Grosso.

SANTOS Joel, 1987. — Gafanhotos devastam a lavoura do Mato Grosso. *O Globo / Economia*, 17 août 1987, page 13.

Le déboisement intensif pourrait être à l'origine de l'invasion de criquets au Mato Grosso. En deux ans la production de canne à sucre est passée de 80 à 60 tonnes par hectare. La culture de riz est menacée. L'espèce responsable n'est pas encore identifiée par les chercheurs. La polémique sur les traitements dans les réserves indiennes.

ZAHLER P. M., 1987. — Agricultura vs Ecologia no combate ao gafanhoto *Rhammatocerus*. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 39(8) : 703-706.

Les traitements contre *Rhammatocerus sp.* dans la région de Campo Novo, MT. Met l'accent sur les problèmes que les insecticides utilisés, à large spectre d'action, peuvent causer à l'environnement.

1988

BOURRIER A., 1988. — Cientista teme que gafanhotos se estabeleçam no Nordeste. *O Globo*, 24 novembre 1988.

Des essaims de criquets pèlerin *Schistocerca gregaria* ont réussi à traverser l'Atlantique et sont arrivés dans plusieurs îles des Caraïbes et sur le continent sud-américain, en particulier au Brésil. Certains scientifiques craignent qu'ils ne trouvent au Nordeste des conditions écologiques favorables à une implantation durable.

CARBONELL C. S., 1988a. — *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), especie perjudicial para la agricultura en la region centro oeste de Brasil (Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae). *Bol. Mus. Nac. Rio J. Zool.* 318 : 1-17.

Redescription détaillée de l'espèce *R. schistocercoides*. Aire de distribution, dessins.

CARBONELL C. S., 1988b. — *Rhammatocerus palustris* n. sp. from central Brazil and Paraguay (Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae). *Bul. Mus. Nac. Rio J. Zool.* 322 : 1-12.

Description de *R. palustris*, dernière en date des espèces du genre *Rhammatocerus*.

DURANTON J.-F. et LAUNOIS-LUONG M.-H., 1988. — *Rapport de mission consultative auprès du CNPDA du 16 juillet au 4 septembre 1987. Inventaire floristique, acridologique et écologique de Fernando de Noronha. Prospections acridiennes au Rondônia et avancement des travaux en écologie opérationnelle*. CIRAD-PRIFAS (Montpellier). D.262. 92pp. [doc. multigr.].

Aperçu sur la situation acridienne au Mato Grosso et au Rondônia à l'occasion d'une mission effectuée par deux experts français. Description de quelques formations grégaires et hypothèses sur l'existence d'un phénomène de polymorphisme phasaire chez *R. schistocercoides*. Propositions pour un programme minimum de recherche.

GREATHEAD D., 1988. — Lutte biologique contre les criquets : possibilités d'utiliser les organismes pathogènes et recherches proposées. In : *Rapport de la Réunion sur la recherche antiacridienne "Définition des priorités futures en recherche"*, F.A.O., Rome Italie, 18-20 octobre 1988 : 139-156.

JOHN L., 1988a. — Gafanhoto que chega ao País é mais voraz. *O Estado de São Paulo*, 3 novembre 1988.

Le Criquet pèlerin traverse l'Atlantique et atteint les côtes brésiliennes (Roraima). Risques (faibles) d'implantation dans la région Nordeste du pays.

JOHN L., 1988b. — Gafanhotos vorazes, terríveis. Perto do Brasil. *Jornal da Tarde*, 3 novembre 1988.

Idem article précédent.

LAMAS F., 1988. — Gafanhotos cruzam o mar e ameaçam Brasil. *O Estado de São Paulo*, 26 octobre 1988.

MENELY J.C. et SLUSS T.P., 1988. — Development of "Nolo Bait" (*Nosema locustae*) for the control of grasshoppers and locusts. *Brighton Crop prot. Conf., Pests & Diseases*, 1988 : 596-602.

MINEAU P. et COLLINS T., 1988. — Avian mortality in agro-systems. II. Methods of detection. Pp. 13-28. In : GREAVES M. P., SMITH B. D. et GREIG-SMITH P. W., Eds. *Field methods for the study of environmental effects of pesticides*. 40 BCPC Publications, England.

OLAIFA J. I. et ADENUGA A. O., 1988. — Neem products for protecting field cassava from grasshopper damage. *Insect Sci. Applic.* 9(2) : 267-270.

1989

Anonyme, 1989a. — Gafanhotos : a devastação que vem do céu. *Manchete Rural* (29) : 74-79.

Anonyme, 1989b. — Gafanhotos : apocalipse já. *Guia Rural* 3(9) : 56-59.

L'invasion du Criquet pèlerin en Afrique et la traversée de l'Atlantique par des essaims. La situation acridienne au Brésil et en particulier au Mato Grosso avec les pullulations de *R. schistoceroïdes*. Critiques des méthodes actuelles de lutte par deux experts français.

Anonyme, 1989c. — Fungus for grasshopper control in U.S. *Agrow* 101 : 120.

NIMER E., 1989. — *Climatologia do Brasil*. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 422 pp.

PRIOR C. et GREATHEAD D.J., 1989. — Biological control of locusts : the potential for exploitation of pathogens. *FAO Plant. Prot. Bull.* 37 : 37-48.

1990

Anonyme, 1990a. — Desmatamento leva gafanhotos a Tocantins. *Folha de São Paulo*, 7 novembre 1990, cidades C-3.

Des pullulations de criquets dans le nord de l'état du Tocantins sont attribuées au déboisement intensif, et à la raréfaction des oiseaux prédateurs des criquets sous l'effet de la chasse. Avec le déboisement ces oiseaux sont devenus des proies faciles pour les chasseurs. La lutte biologique est présentée, selon certains, comme la seule possibilité d'éviter ces pullulations. L'article fait cependant mention de traitements insecticides. L'espèce incriminée n'est pas identifiée.

Anonyme, 1990b. — Gafanhotos se alastram no Rio Grande do Sul. *Correio Popular, suplemento quinzenal*, Campinas, 10 février 1990, numéro 26.

Pullulations de criquets dans le Rio Grande do Sul. Quatre espèces seraient en cause dont la principale serait le "gafanhoto crioulo", *Rhammatocerus pictus*.

Anonyme, 1990c. — Gafanhotos : uma nova ameaça. *Diário do Povo / Nacional*, 9 août 1990, page 5.

Les modifications de l'environnement dans de nombreuses régions du Brésil pourraient être à l'origine de nouvelles pullulations de criquets. L'article met l'accent sur la nécessité de développer les recherches sur la taxonomie et la bio-écologie des acridiens.

COSENZA G. W., CURTI J. B. et PARO H., 1990. — Comportamento e controle do gafanhoto *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) no Mato Grosso. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. 25(2) : 173-180.

Données sur le cycle biologique, le régime alimentaire et le comportement de *R. schistocercoides*. Les méthodes de lutte et l'efficacité des produits utilisés pour lutter contre les pullulations survenues depuis 1984 au Mato Grosso.

FARROW R. A., 1990. — Flight and migration in Acridoids. Pp. 227-314. In : CHAPMAN R. F. et JOERN A., Eds. *Biology of grasshoppers*. John Wiley & Sons, New York.

GREATHEAD D. et PRIOR C., 1990. — The regulation of pathogens for biological control with special reference to locust control. *Proceedings of the workshop on health and environmental impact of alternative control agents for Desert Locust control. Oslo, january 14-17, 1990*. Development and Environment N°5, NORAGRIC OCCASIONAL PAPERS SERIES C, NORAGRIC et Université d'Oslo (Norvège) : 67-80.

HUNTER D. M. et COSENZA E. L., 1990. — The origin of plagues and recent outbreaks of the South American locust, *Schistocerca cancellata* (Orthoptera : Acrididae) in Argentina. *Bulletin of Entomological Research* 80 : 295-300.

Etude des facteurs ayant favorisé les invasions et les pullulations de *Schistocerca cancellata* en Argentine. Au cours des années récentes les pullulations n'ont jamais atteint un niveau d'invasion du fait du contrôle régulier des bandes larvaires et des essaims dans l'aire de grégarisation.

JOERN A. et GAINES S. B., 1990. — Population dynamics and regulation in grasshoppers. Pp. 415-482. In : CHAPMAN R. F. et JOERN A., Eds. *Biology of grasshoppers*. John Wiley & Sons, New York.

1991

Anonyme, 1991a. — Gafanhoto. *A Folha de São Paulo / Agrofólia*, 8 janvier 1991.

Situation acridienne inquiétante dans le Rio Grande do Sul. En 1989, 32 communes ont été touchées par des pullulations de *R. pictus* ; elles sont de nouveau affectées cette année.

Anonyme, 1991b. — Gafanhoto. *A Folha de São Paulo / Agrofólia*, 10 décembre 1991, page 6-02.

Les agriculteurs du Rio Grande do Sul demandent que le Secrétaire national à l'environnement autorise l'utilisation de fénitrothion pour lutter contre les pullulations de criquets atteignant dans la région 100.000 hectares et 39 communes.

Anonyme, 1991c. — Gafanhoto : Combate à praga continua. *Gazeta Mercantil / Agropecuária*, 10 décembre 1991, page 20.

Les traitements antiacridiens à l'aide de fénitrothion continuent dans le Rio Grande do Sul malgré les protestations des écologistes. 39 communes seraient contaminées par des pullulations de criquets.

Anonyme, 1991d. — Gafanhotos voltam a atacar no Sul. *O Estado de São Paulo / Suplemento Agrícola*, 13 février 1991, page 10.

Nouvelle attaque de criquet dans le Rio Grande do Sul. A São Francisco de Assis 15 % des récoltes seraient détruites. A Santiago la densité atteint par endroits 70 insectes au m².

Anonyme, 1991e. — Inseto. Gafanhoto. *Rhammatocerus* sp. *Guia Rural Abril*, février 1991, 5ème année, numéro 2, édition 47, page 79.

Quelques données très générales. L'article est annoncé comme traitant de *Rhammatocerus* sp. mais est illustré avec une photographie de *Tropidacris* sp. et une autre de *Schistocerca gregaria*.

ARBEX J. M., 1991. — Agricultura/Praga : Ibama enviará equipe ao Sul para fiscalizar uso de agrotóxico proibido. *Gazeta Mercantil/ Meio Ambiente*, 12 décembre 1991, page 18.

Polémique sur des traitements antiacridiens par avion dans le Rio Grande do Sul à l'aide de fénitrothion (don de la FAO). Le produit aurait été autorisé par le Ministère de l'Agriculture et celui de la Santé, mais interdit par le Secrétaire national à l'environnement.

IBGE, 1991. — *Censos econômicos de 1985. Censo agropecuário, número 26 - Mato Grosso*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Coordenação do Censo Agropecuário, Rio de Janeiro. 324 pp.

LECOQ M., 1991. — *Gafanhotos do Brasil. Natureza do problema e bibliografia*. EMBRAPA/NMA et CIRAD/PRIFAS, Montpellier. 158 pp.

Exposé général sur la nature des problèmes acridiens au Brésil et à travers le monde, suivi d'un inventaire des publications disponibles sur les acridiens du Brésil. 574 références sont réunies et indexées dont celles concernant *Rhammatocerus schistocercoides*.

MANFIO M. A., 1991. — *Relatório de viagem. 26 au 30/11/1991*. Delegacia Federal de Agricultura do MARA. Setor de Defesa Vegetal. Varzea Grande. 5 pp. [Doc. multigr.].

Rapport de prospection dans la région de Paranatinga. Le niveau des populations de *R. schistocercoides* est bien plus élevé qu'en 1989. Les effets de la désactivation du programme de lutte antiacridienne au niveau de l'état du Mato Grosso à partir de 1989.

MIRANDA E. E de et LAUNOIS M., 1991. — *Environment and pest grasshoppers in Brazil. The relationships among land agricultural occupation, natural landscape modifications and pest grasshoppers pullulations in Brazilian Amazonia. Projet de programme de recherche proposé à la CCE*. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, et EMBRAPA-NMA, Campinas. 16 pp. [Doc. multigr.].

Propositions pour un programme de recherche sur *Rhammatocerus schistocercoides* visant à étudier les relations entre les modifications de l'environnement au Mato Grosso et les pullulations récentes de ce criquet. L'utilisation de l'imagerie satellitaire est proposée pour cartographier les biotopes de l'espèce.

1992

Anonyme, 1992a. — Cosenza vai para programa de gafanhoto. *Folha da EMBRAPA*, avril 1992, page 6.

G. W. COSENZA est nommé coordonnateur du Programme national de lutte contre les criquets. Le problème acridien est actuellement particulièrement sérieux dans trois états Rio Grande do Sul, Mato Grosso et Paraíba.

Anonyme, 1992b. — Governo lança campanha de combate a gafanhoto. *O Estado de São Paulo / Economia*, 17 décembre 1992, page 8.

Le Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire lance la campagne antiacridienne au Mato Grosso (1 milliard de cruzeiros, 16.000 litres d'insecticides, 2.100.000 hectares contaminés).

Anonyme, 1992c. — Grave infestação de gafanhotos em MT. *O Estado de São Paulo / Suplemento Agrícola*, 25 novembre 1992, page 10.

Une mission mixte franco-brésilienne NMA-EMBRAPA/CIRAD-PRIFAS rapporte une situation acridienne inquiétante au Mato Grosso. Les traitements devraient être entrepris dès à présent.

Anonyme, 1992d. — Satélite vai monitorar gafanhotos. *Correio Braziliense / Meio Ambiente*, 4 octobre 1992, page 21.

Le projet NMA-EMBRAPA/CIRAD-PRIFAS de recherche sur *Rhammatocerus schistocercoides* et l'utilisation des images satellite pour la surveillance de ce criquet.

Anonyme, 1992e. — *Calendário Agrícola. Região Centro-Oeste*. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília. 1 poster polychrome.

BALANÇA G. et de VISSCHER M.-N., 1992. *Méthodes de recherche en écologie des traitements antiacridiens en Afrique. Compte-rendu de l'atelier CCE-CIRAD du 24 au 27 février 1992, Montpellier (France)*. Commission des Communautés européennes et CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier. 175 pp.

La problématique des méthodes de recherche en écologie des traitements antiacridiens (mesure des effets indésirables des épandages d'insecticides sur les organismes animaux et végétaux non cibles et l'environnement en général).

GUERRA W. D., 1992. — *Relatório de viagem. 11 au 13/8/1992*. Delegacia Federal de Agricultura do MARA. Setor de Defesa Vegetal. Varzea Grande. 4 pp. [Doc. multigr.].

Rapport de mission dans la région de Paranatinga (MT) et éléments sur la situation acridienne rencontrée. Indications sur le projet de surveillance et de cartographie du *R. schistocercoides* envisagé par l'EMPAER et le Ministère de l'agriculture du Mato Grosso, sur financement de la FAO. Des essais de lutte biologique sont également envisagés avec *Metarhizium flavoviride*, *M. anisopliae*, *Beauveria bassiana* et *Nosema locustae*.

JOHN L., 1992. — Cientistas alertam para infestação de gafanhotos. *O Estado de São Paulo / Geral*, 14 novembre 1992, page 15.

La densité des populations larvaires de *Rhammatocerus schistocercoides* atteint un niveau inquiétant dans de nombreuses zones du Mato Grosso. Des recommandations sont effectuées pour renforcer la vigilance et traiter dès maintenant les concentrations larvaires les plus importantes.

LUTZENBERGER J. A., 1992. — A "praga" do gafanhoto. *O Estado de São Paulo / Espaço aberto*, 2 janvier 1992, page 2.

Article du Secrétaire national à l'environnement. Série de questions mettant en doute la nécessité de la campagne de lutte antiacridienne entreprise dans le Rio Grande do Sul. Le problème "criquet" n'existe certainement pas. La campagne de lutte est considérée comme un crime contre l'environnement. La FAO est accusée d'avoir donné au Brésil un insecticide non autorisé et de soutenir essentiellement les intérêts des grandes firmes multinationales.

LUZ D., 1992a. — EMBRAPA vai pesquisar gafanhotos na Amazônia. *Folha do Meio Ambiente*, mai 1992, page 10.

Le projet EMBRAPA/CIRAD de recherche sur *Rhammatocerus schistocercoides* est approuvé par la CCE qui lui accorde un financement de 350.000 US\$ (et non 350 millions comme signalé dans l'article).

LUZ D., 1992b. — A praga dos gafanhotos fantasmas. *Folha do Meio Ambiente*, mars 1992, pages 18-19.

Critiques virulentes sur la campagne de lutte antiacridienne dans le Rio Grande do Sul. Il n'y aurait aucune preuve de pullulations de criquets. Polémique sur l'utilisation des insecticides. La FAO aurait fourni 10.000 litres d'un produit non autorisé au Brésil.

MIRANDA E. E. de, 1992. — Gafanhotos. *Folha do Meio Ambiente / Carta dos leitores*. Avril 1992, page 2.

Réponse à certains points de l'article précédent de D. LUZ. Le Guide pratique contre les criquets ravageurs au Brésil fait bien mention de *Rhammatocerus pictus*, le "gafanhoto crioulo" du Rio Grande do Sul.

1993

Anonyme, 1993a. — Gafanhotos. *Correio Braziliense*, 3 février 1993.

La FAO accorderait au Brésil une subvention de 8 millions de dollars sur 5 ans pour la lutte antiacridienne sur tout le territoire brésilien.

Anonyme, 1993b. — Gafanhotos proliferam no cerrado do MT. Controle da praga não pode ser indiscriminado. *O Estado de São Paulo. Suplemento Agrícola*, 24/2/93, n° 1946, p. 1 et pp. 8-9.

Un usage raisonné des insecticides est préconisé pour lutter contre le criquet du Mato Grosso. Plusieurs photographies en couleur de l'espèce.

ALMEIDA S. C. de, 1993. — Nuvem de gafanhotos. *O Estado de São Paulo / Economia*, 15 janvier 1993, page 2.

Le Président de la République se préoccupe de la situation acridienne au Mato Grosso et demande une action énergique avec si besoin l'appui de l'armée et de l'aviation, quelques puissent être les protestations des écologistes.

PRIOR C., 1993. — Les biopesticides contre les criquets. *La Recherche*, 251, vol. 24 : 219-221.

Une percée intéressante dans la mise au point d'un biopesticide utilisable en lutte antiacridienne.

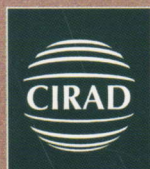
SOAREZ A. R., 1993. — Gafanhotos ameaçam plantações em MT. *O Estado de São Paulo / Economia*, 7 janvier 1993 : 1 et 10.

2,1 millions d'hectares seraient menacés par *Rhammatocerus schistocercoides*. Dans la Chapada dos Parecis la densité de larves atteint 1000 par mètre carré. Une campagne de lutte est lancée (16.000 litres d'insecticides, 1,1 milliard de cruzeiros).

* *
*



Commission
des
Communautés
Européennes



Centre de
coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement



EMBRAPA
Empresa
Brasileira
de Pesquisa
Agropecuária
vinculada ao
Ministério
da Agricultura
do Abastecimento
e da Reforma
Agrária

**Direction
Générale de
la Science,
de la
Recherche
et du
Développement**

**Département
de gestion,
recherche,
documentation
et d'appui
technique
CIRAD-GERDAT**

PRIFAS
Acridologie
opérationnelle
Ecoforce[®]
internationale

NMA
Núcleo de
Monitoramento
Ambiental
e Recursos
Naturais por
Satélite

200,
rue de la Loi
1049
Bruxelles
Belgique

2477,
avenue du Val
de Montferand
BP 5035
34032 Montpellier
cedex 1
France

803, Avenida
Júlio Soares
de Arruda
CEP 13088-300
Campinas SP
Brasil

téléphone :
22 99 11 11
télécopie :
22 95 10
38/39/40
télex :
21877 B

téléphone :
67 61 58 00
télécopie :
67 41 09 58
télex :
480762 F

téléphone :
(55) 192 52 59 77
télécopie :
(55) 192 54 11 00



Diffusion

CIRAD - GERDAT - PRIFAS - BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1 - FRANCE
Tél. 67 61 58 00 / Tlx : 480 762F / Télécopie : 67 41 09 58